

40
Phys. sp.

28

m

Phys. sp.

28 ^m

Besel. F. W.

Herrn Doctor Albert
vom Kasper

<36625289130018 S

<36625289130018

Bayer. Staatsbibliothek

Versuche

die Kraft mit welcher die Erde Körper von
verschiedener Beschaffenheit anzieht

Versuche

über

die Kraft mit welcher die Erde Körper von
verschiedener Beschaffenheit anzieht.

von

Herbert

aus den Abhandlungen der Akademie zu Berlin für 1830.

Berlin.

Verlag von der Druckerei der Königl. Akademie
der Wissenschaften.

1831.

In Commission bei C. F. Neumann.

148 A.

Versuche

über

die Kraft mit welcher die Erde Körper von
verschiedener Beschaffenheit anzieht.

Versuche

über

die Kraft mit welcher die Erde Körper von verschiedener Beschaffenheit anzieht

von

F. W. BESSEL,

Ritter des rothen Adlerordens und des Dannebrog; Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Königsberg; Mitglieder der Akademien von Berlin, Palermo, Petersburg und Stockholm, der Societäten der Wissenschaften von Edinburg, Göttingen, Kopenhagen und London, der astronomischen und meteorologischen Societäten von London; Correspondenten der Institute von Frankreich und der Niederlande; Ehrenmitglieder der Universität von Casan.

Mit einer Kupfertafel.

Besonders abgedruckt

aus den Abhandlungen der Akademie zu Berlin für 1830.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie
der Wissenschaften.

1832.

In Commission bei F. Dümmler.

105. B.

Versuche



die Kraft mit welcher die Körper von
verschiedenen

700

F. W. Bessel

Hinter das rothen Adlerband und des Druckers; Professor der Astronomie und Director der
Sternwarte in Königsberg; Mitgliede der Akademien von Berlin, Palermo, Petersburg und Stockholm,
der Societät der Wissenschaften von Göttingen, Göttingen, Kopenhagen und London, der astron-
omischen und meteorologischen Societät von London; Correspondent der Institute von
Frankreich und der Niederlande; Ehrenmitglied der Universität von Göttingen.

Mit einer Kupfertafel

Besonders abgedruckt

aus den Abhandlungen der Akademie zu Berlin für 1832.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlich-Preussischen Akademie
der Wissenschaften.

1832.

In Commission bei F. Duncker

Versuche

über die Kraft, mit welcher die Erde Körper von
verschiedener Beschaffenheit anzieht.

Eine der Erfahrungen, auf welche Newton sein System der allgemeinen Schwere gründete, ist die, daß die Kraft, mit welcher die Erde irdische Körper anzieht, den Massen derselben proportional ist, oder daß diese Körper, durch die Anziehung der Erde, gleiche Beschleunigungen der Bewegung erfahren. Diese Erfahrung stützt Newton auf eigene Versuche, aus welchen sich ergab, daß Körper von verschiedener Beschaffenheit, namentlich Gold, Silber, Blei, Glas, Sand, Kochsalz, Wasser, Weizen und Holz, Schwingungen in gleichen Kreisbögen gleichzeitig vollendeten. Die Grenze der Unsicherheit, mit welcher diese Versuche die Gleichheit der auf alle genannten Körper wirkenden beschleunigenden Kraft zu erkennen gaben, schätzt Newton auf ein Tausendtheil der ganzen Kraft.

Der Wunsch, die Unsicherheit in noch engere Grenzen einzuschließen, hat die Versuche veranlaßt, welche ich gegenwärtig mittheilen werde. Es schien mir nicht überflüssig zu sein, Mittel anzuwenden, geeignet eine Verschiedenheit anzugeben, wenn sie auch weit weniger als ein Tausendtheil betrüge. Denn mathematisch nothwendig ist das Newton'sche System nicht, und sein wirkliches Vorhandensein in der Natur kann nicht absolut, sondern nur mit größerer oder geringerer, von der Genauigkeit der Versuche bedingter Sicherheit entschieden werden. — Ich habe die Schwere von 12 verschiedenen Substanzen untersucht, nämlich von Gold, Silber, Blei, Eisen, Zink, Messing, Marmor, Thon, Quarz, Wasser, Meteoreisen und Meteorstein. Die beiden letzteren wünschte ich in die Reihe der Versuche

zu ziehen, weil es möglich ist, daß sie nicht irdischen Ursprungs sind, und weil man eine Ansicht fassen kann, welche die Einwirkung der Schwere auf irdische und nichtirdische Körper unterscheidet. Daß ich diesen Wunsch zur Erfüllung bringen konnte, verdanke ich der Güte des Herrn Professors Weifs, welcher mir, auf die Verwendung des Herrn Leopold von Buch, seltene und schöne Stücke der Berliner mineralogischen Sammlung zum Gebrauche überliefs. Es waren dieses große Fragmente des Meteorsteins von l'Aigle, des meteorischen Eisens von Brera, des Pallas'schen Siberischen Eisens und des Humboldt'schen Eisens von Durango, welche mir mit der Erlaubniß übergeben wurden, ihre Form, so wie die Versuche erfordern möchten, verändern zu dürfen.

1.

Die Einrichtung, welche Newton seinen Versuchen gab, war folgende: er hing zwei hohle, runde Körper von Holz, von gleicher Figur und Größe, an 11 Fuß langen Fäden, nebeneinander auf; den einen füllte er mit Holz, in den anderen verschloß er eine eben so viel wiegende Masse der zu untersuchenden Substanz, so daß die Entfernung des Mittelpunktes der Schwingung von dem Aufhängungspunkte, so nahe als man erlangen konnte, für beide Pendel gleich war. Die Gleichzeitigkeit der Schwingungen zeigte nun die Proportionalität der Massen und Anziehungen beider Pendel unmittelbar. Denn indem die Längen beider Pendel und der Einfluß der Luft auf ihre Schwingungszeiten durch die den Versuchen gegebene Einrichtung gleich gemacht waren, war es weder nöthig jene zu messen, noch die Versuche vor ihrer Vergleichung von diesem zu befreien. Die Versuche besaßen also die äußerste Einfachheit, indem sie die Kenntniß keines der Untersuchung selbst fremden Elementes erforderten.

So nachahmungswürdig diese Einfachheit ohne Zweifel ist, so habe ich doch meinen Versuchen eine andere Einrichtung geben müssen, vorzüglich weil es nothwendig war, die Unsicherheit zu entfernen, welche aus der Schwierigkeit, den Mittelpunkt der Schwingung richtig zu erkennen, entstehen muß. Ich bin daher darauf ausgegangen, das Resultat der Versuche zu erlangen, ohne genöthigt zu sein, den Schwerpunkt der schwingenden Masse durch ihre äußere Figur zu bestimmen.

Dieselbe Methode, durch welche ich die Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte bestimmt habe, schien mir auch hier vorzüglich vortheilhaft zu sein, weil sie das Resultat durch den Unterschied der Längen zweier Pendel, deren Schwingungszeiten beobachtet werden, ergibt, nicht aber die Längen selbst als bekannt voraussetzt. Die Anwendung dieser Methode machte es möglich, auch für solche Substanzen ein genaues Resultat zu erhalten, welche nur mit geringer Annäherung in eine regelmässige Form gebracht werden konnten. Sie würde sogar für jede beliebige Figur des schwingenden Körpers eine gleiche Genauigkeit gewähren, wenn man denselben nicht nur an zwei, in ihrer Länge um eine Toise verschiedenen Fäden, sondern auch an einem dritten, möglichst kurzen Fäden schwingen liesse. Allein das, was durch den letzteren erlangt werden kann, nämlich die Elimination des Momentes der Trägheit des schwingenden Körpers aus der Untersuchung, vermehrt die Sicherheit des Resultats desto weniger, je länger die beiden anderen Fäden, vergleichungsweise mit den Dimensionen des schwingenden Körpers sind. Bei meinen Versuchen findet dieses in soweit Statt, daß es nicht schwierig war, die Figuren der schwingenden Körper mit einer Annäherung kennen zu lernen, welche der Berechnung ihrer Momente der Trägheit die erforderliche Sicherheit gab.

Ich habe daher die früher befolgte Methode und auch den schönen Apparat, der nach Repsold's Tode ein Denkmal seiner Kunst geworden ist, wieder angewandt und allenthalben, wo es geschehen konnte, das in meiner Abhandlung „über die Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels“ beschriebene Verfahren wieder befolgt. Eine Abänderung wurde indessen nothwendig: statt der Kugeln von Messing und Elfenbein, welche ich früher schwingen liesse, mußte jetzt ein Hohlcyylinder an die Pendelfäden befestigt werden, in dessen Inneres die Körper, über welche experimentirt werden sollte, verschlossen werden konnten. Die Nothwendigkeit dieser Änderung beruhet theils darauf, daß es schwierig oder unmöglich gewesen sein würde, den verschiedenen Körpern eine Figur zu geben, welche ihre unmittelbare Befestigung an die Pendelfäden erlaubt und der Messung ihres Höhenunterschiedes in zusammengehörigen Versuchen Sicherheit gegeben haben würde; theils darauf, daß die Befreiung der Resultate von der Einwirkung der Luft auf die Bewegung, die Gleichheit der äusseren Figur der verschiedenen schwingenden Körper erfordert.

Der Hohlcyylinder, welchen ich angewandt habe, und welchen die 1^{te} Figur der beiliegenden Kupfertafel in seiner wahren Grösse darstellt, ist eins der letzten Werke der Meisterhand Repsold's, und daher in seiner Ausführung vollendet. Er ist von Messing gemacht; seine Höhe und sein Durchmesser sind etwa 2 Pariser Zolle; auf beiden Seiten ist er durch einzuschraubende Böden verschlossen, welche einen genau cylindrischen Raum im Innern frei lassen, und diesen so genau verschliessen, daß die in der Zeichnung angedeuteten Trennungslinien Anfangs nicht sichtbar waren, und auch nach häufigem Gebrauche kaum sichtbar geworden sind. In die Höhlung dieses Cylinders lassen sich cylindrische Stücke der zu untersuchenden Materien (Fig. 2.) einschieben, und dann durch zwei kleine, im Mantel des Cylinders befindliche Schrauben befestigen, so daß der Hohlcyylinder und sein Inhalt, während der Versuche mit einer Substanz, einen festen Körper ausmachen; auch kann der Hohlcyylinder mit Wasser gefüllt werden, welches nicht daraus entweicht. In beide Böden sind Schraubenmuttern eingebohrt, deren eine die Klemme des Pendelfadens, die andere ein abgerundetes Stück Messing, welches ich die Spitze nennen werde, aufnimmt. Diese beiden Theile kann man miteinander verwechseln, und also den Hohlcyylinder mit dem darin befindlichen Körper umkehren. Indem der Schwerpunkt hierdurch die entgegengesetzte Lage gegen den Mittelpunkt erhält, ergiebt das Mittel aus zwei Versuchen, zwischen welchen die Umkehrung gemacht worden ist, die Schwingungszeit eines Pendels, dessen Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte des Hohlcyinders zusammenfällt.

Durch diese Einrichtung wird es möglich, die Längen beider Pendel selbst zu messen. Obgleich die Methode nicht die Längen, sondern nur ihren Unterschied als bekannt voraussetzt, so ist es doch vortheilhaft, die Versuche so anzuordnen, daß sie eine Vergleichung der gemessenen Längen beider Pendel, sowohl unter sich, als mit dem durch ihren Unterschied gegebenen Resultate, möglich machen. Man erhält nämlich dadurch eine Controle, welcher etwanige Änderungen der Entfernung der Mikrometervorrichtung, wodurch die Höhe des tiefsten Punktes der Pendel gemessen wird, von der Ebene am Aufhängerahmen, von welcher die Pendel herabhängen, sich nicht verbergen können; eine Controle, welche bei Versuchen, die man lieber über eine große Menge von Körpern ausdehnen, als jeden einzelnen häufig wiederholen wollte, wünschenswerth erschien. Um sie wirklich zu

erlangen, war aber noch eine zweite Abänderung der Anordnung der früheren Versuche nöthig: es mußte nämlich die Entfernung der Mikrometervorrichtung von der Ebene am Aufhängerahmen, vor und nach jeder Bestimmung der Länge des Secundenpendels für jeden der zu untersuchenden Körper, durch die Vorrichtung gemessen werden, welche ich im 28^{ten} §. meiner früheren Abhandlung beschrieben habe.

Durch diese Messung erlangt man noch einen anderen Vorthail; indem man sich dadurch von der Voraussetzung der Unveränderlichkeit der Mikrometervorrichtung befreien, und daher auch die, der Zeit nach weit voneinander entfernten Versuche mit jedem der Pendel, sicher untereinander vergleichen kann, so kann man durch die Verbindung der Versuche bei größeren und geringeren Belastungen des Hohlcyinders, die Gröfse des von der Bewegung der Luft abhängigen Coëfficienten (k), für jedes der Pendel besonders bestimmen. Eine Verschiedenheit dieses Coëfficienten für das kürzere und für das längere Pendel erlangt zwar keinen Einfluß auf das Endresultat, wenn man dieses auch ohne die Verschiedenheit zu berücksichtigen sucht, allein es scheint nicht ohne Interesse zu sein, durch die Versuche zu erkennen, in wiefern die Bewegung eines und desselben Körpers an Fäden von verschiedener Länge, den Werth des Coëfficienten k bedingt.

3.

Die Messungen der Entfernung der Mikrometervorrichtung von der Ebene, auf welcher die Schneide ruhet, werde ich zuerst mittheilen. Das dazu angewandte Hülfsmittel, dessen ich im 28^{ten} §. (f. A.) erwähnt habe, ist eine Stange von Stahl, welche an ihrem oberen Ende durch eine auf ihre Axe senkrechte Ebene, an dem unteren durch eine sphärische Abrundung begrenzt wird; auf die obere Ebene ist ein Cylinder von Stahl, von 1 Linie Durchmesser und 3 Linien Länge, durch eine starke Feder aufgedrückt, welcher auf beiden Seiten über die Ebene hervorragt und mit den hervorragenden Enden auf die Ebene an dem, am Aufhängerahmen befestigten, Fig. 5. und 6. (f. A.) abgebildeten Cylinder gelegt wird. Das obere Ende der Stange fällt dann mit dieser Ebene zusammen und befindet sich also in derselben Höhe, in welcher, bei den Versuchen, die Schneide liegt; das abgerundete untere Ende wird mit dem Fühlhebel in Berührung gebracht, wodurch die Entfernung des Fühlhebels von der Ebene gefunden wird.

Die Länge der Mefsstange von Stahl habe ich zweimal gemessen. Die erste, in meiner früheren Abhandlung mitgetheilte Messung hat die doppelte Länge der Stange bei der Temperatur $= 4^{\circ},04\ C$, $41^{\circ},9882$ gröfser ergeben, als die Länge der Toise bei derselben Temperatur. Die zweite, im Juli 1828 vorgenommene Messung, hat gezeigt, dafs die doppelte Länge der Stange in der Temperatur von $23^{\circ},33\ C$, die Länge der Toise in derselben Temperatur um $42^{\circ},0074$ übertraf. Um hieraus die Länge der Stange zu berechnen, habe ich die Ausdehnung der Toise so angenommen, wie sie sich (§. 22. f. A.) aus den Pendelversuchen ergeben hat, nämlich $= 0,00001167$ für jeden Centesimalgrad der Temperatur, woraus ihre Länge für die Temperatur τ :

$$= 863^{\circ},9992 \cdot \frac{1 + \tau \cdot 0,00001167}{1 + 16,25 \cdot 0,00001167}$$

$$= 863^{\circ},83538 + \tau \cdot 0^{\circ},010081$$

folgt. Hierdurch wird die Länge der Mefsstange

$$\text{für } 4^{\circ},04\ C \dots\dots\dots 452^{\circ},93215$$

$$23^{\circ},33 \dots\dots\dots 453^{\circ},03885$$

und für eine Temperatur τ :

$$452^{\circ},9098 + \tau \cdot 0^{\circ},0055314.$$

Die Ausdehnung der Stahlstange durch die Wärme, welche aus diesen Messungen hervorgegangen ist, nämlich $0,0000122$ der Länge, für jeden Grad des Thermometers, stimmt sehr nahe mit der von Herrn Troughton angegebenen $= 0,0000119$ überein.

Bei den Anwendungen der Mefsstange ist ihre Temperatur durch zwei Thermometer im Gehäuse des Pendelapparats, deren eines am oberen, das andere am unteren Ende der Stange hing, beobachtet worden. Die Temperatur des Pendelapparats selbst, welche durch die in das Eisen desselben eingelegten Thermometer e' und e'' beobachtet wird, hat, den Angaben der IV. Beilage (f. A.) zufolge, nach Weglassung der Pendelkugel aus dem dort gegebenen Ausdrucke, auf die hier gesuchte Entfernung den Einfluß $+ 0^{\circ},0037922\ e' + 0^{\circ},0018484\ e''$; oder wenn

$$\tau' = 0,6723\ e' + 0,3277\ e''$$

gesetzt, und die Entfernung für $\tau' = 0$ durch G bezeichnet wird, so ist sie für andere Werthe von τ' :

$$G + \tau' \cdot 0,0056406.$$

Man hat also

$$G + \tau' \cdot 0,0056406 = 452,9098 + \tau \cdot 0,0055314 + fp$$

wo f die Angabe der Scale der Mikrometerschraube, bei welcher der Fühlhebel mit dem unteren Ende der Stange in Berührung kömmt, und p den Werth einer Umdrehung derselben $= 0,0902$ bedeuten.

Auf diese Art habe ich den Werth von G am Anfange und am Ende jeder, sich auf eine der zu untersuchenden Substanzen beziehenden Reihe von Versuchen bestimmt, und das Mittel aus beiden Bestimmungen zur Berechnung derselben Reihe angewandt. Die einzelnen Messungen lasse ich hier folgen:

1828.	Temperatur der Meßstange.			Schraube des Fühlheb.	Temperatur des Apparats.			Constante G
	unten.	oben.	τ		e'	e''	τ'	
Apr. 23	10,37	10,99	10,68	17,920	10,44	10,89	10,58	454,5256
25	10,87	11,26	11,065	17,9185	11,01	11,37	11,13	5244
27	10,73	11,21	10,97	17,9435	10,82	11,22	10,95	5272
29	10,46	10,93	10,695	17,9715	10,52	10,88	10,64	5300
Mai 3	9,84	9,99	9,915	17,965	9,73	10,15	9,87	5293
6	11,04	11,46	11,25	17,997	11,16	11,42	11,25	5318
9	11,57	12,01	11,79	17,991	11,70	12,14	11,84	5310
11	11,57	12,09	11,83	17,9785	11,70	11,95	11,78	5304
14	10,01	10,13	10,07	17,991	10,22	10,45	10,30	5302
18	8,24	8,28	8,26	17,9985	8,25	8,39	8,30	5322
22	10,46	10,77	10,615	17,994	10,42	10,69	10,51	5323
24	12,38	13,12	12,75	17,974	12,33	12,81	12,49	5311
27	15,06	15,87	15,465	17,9555	15,01	15,57	15,19	5332
30	17,01	17,77	17,39	17,926	16,89	17,46	17,08	5266
Juni 1	17,96	18,82	18,39	17,914	17,91	18,63	18,15	5249
2	16,90	17,66	17,28	17,8075	16,94	17,46	17,13	5150
4	17,57	18,22	17,895	17,818	17,57	18,19	17,77	5158
7	18,07	18,71	18,39	17,827	18,05	18,53	18,21	5168
9	15,06	15,79	15,425	17,8275	15,30	15,81	15,47	5158
11	14,90	15,29	15,095	17,831	15,01	15,33	15,11	5165
21	17,06	17,72	17,39	17,833	16,94	17,46	17,11	5180
24	16,98	17,55	17,265	17,837	17,03	17,51	17,19	5172
27	17,29	17,89	17,59	17,835	17,32	17,65	17,45	5174
29	18,51	19,21	18,86	17,8275	18,54	19,12	18,73	5164
Juli 1	18,63	19,21	18,92	17,836	18,68	19,16	18,84	5170
3	18,84	19,49	19,165	17,8495	19,07	19,51	19,22	5174
6	21,57	22,36	21,965	17,8255	21,52	22,11	21,71	5164
8	20,63	21,48	21,055	17,847	20,64	21,24	20,84	5186

Am 1^{ten} Juni fand sich etwas Staub am Fühlhebel, weshalb ich ihn abschrauben und reinigen mußte. Die übrigen, in der letzten Columnen

sich zeigenden Unterschiede sind vermuthlich aus Verschiedenheiten zwischen den durch die Thermometer angegebenen und den wahren Temperaturen der Messstange und des Apparats entstanden, obgleich nie eher gemessen wurde, als mehrere Stunden nach der Aufhängung der Stange und der Verschließung des Gehäuses; die Messungen selbst können wenigstens nie um $0,001$ zweifelhaft bleiben, indem der Fühlhebel noch kleinere Theile mit Sicherheit ergiebt.

Die Pendellänge kann nur dann unmittelbar durch die angeführten Werthe der Constante G gemessen werden, wenn das Pendel das Gewicht der Messstange $= 11560$ Gran besitzt; ist jenes leichter, so versetzt es den Aufhängungsrahmen in geringere Spannung, und sein Aufhängungspunkt liegt höher als der der Stange, weshalb der Werth von G dann vergrößert werden muß. Ich habe gefunden, daß eine Erleichterung der Stange von 12 Unzen $= 5760$ Gran, ihren oberen Ruhepunkt um $0,023 = 0,00207$ erhöht. Wenn daher das zu messende Pendel das Gewicht M hat, so ist, statt des unmittelbar gemessenen Werthes von G ,

anzuwenden.

$$G + 0,00207 \cdot \frac{11560 - M}{5760}$$

2.

Um aus diesen Messungen den beabsichtigten Nutzen ziehen zu können, ist die Bestimmung der Entfernung der Spitze von dem Mittelpunkte des Hohlcyinders nothwendig. Wenn man diese Entfernung von der gemessenen Länge des Pendels abzieht, ist der Rest die Entfernung des Mittelpunktes des Hohlcyinders von der Ebene, auf welcher die Schneide ruhet; das Mittel aus zwei solchen Bestimmungen vor und nach einer Umkehrung des Hohlcyinders, ist das Mittel der Entfernungen des Schwerpunktes des Hohlcyinders und seines Inhalts von der Schneide. Offenbar setzt dieses voraus, daß die Spitze bei beiden Messungen gleich tief in die Böden des Hohlcyinders eingeschraubt wird, was aber keine Schwierigkeit hat, indem man sie so tief einschraubt, daß ihre Basis die Fläche des Bodens berührt; eine etwanige Veränderung der Länge des Fadens beim Umkehren des Hohlcyinders ist ohne Einfluß.

Die Entfernung der Spitze von dem Boden des Hohlcyinders habe ich durch das Verfahren gemessen, welches ich im 28^{ten} §. (f. A.) zur Be-

stimmung der Gröfse der Pendelkugel angewandt habe. Die ganze Höhe des Hohlcyinders hat sich, durch wiederholte und in ihrem Resultate mit einer Angabe von Repsold übereinstimmende Messungen, für die Temperatur des schmelzenden Eises $= 24^L,11775$ gefunden, die Höhe der Spitze über dem Boden des Hohlcyinders $= 1^L,8215$, also die Entfernung der Spitze von dem Mittelpunkte desselben $= 13^L,8804$. Die Einwirkung der Temperatur auf diese Entfernung habe ich der Voraussetzung gemäß in Rechnung gebracht, dafs der Hohlcyinder und sein Inhalt dieselbe Wärme besitzen, welche Theile des Apparats in gleicher Höhe haben. Ich habe die Temperatur also (§. 7. f. A.)

$$= \frac{584 - h}{388} e' + \frac{h - 196}{388} e''$$

angenommen, wo $h = 112^L,4$, die halbe Summe der Höhen der Spitze und des Mittelpunktes des Hohlcyinders über dem Boden des Gehäuses ist. Wenn die Ausdehnung des Metalls des Hohlcyinders für jeden Centesimalgrad der Temperatur, $= 0,000018782$ angenommen wird, so erhält man hieraus die Entfernung der Spitze von seinem Mittelpunkte:

$$13^L,8804 + e' \cdot 0^L,0003169 - e'' \cdot 0^L,0000562$$

und diese Quantität mufs von dem den Thermometerständen e' und e'' zugehörigen Werthe von G abgezogen werden, wenn man das, was die Messung des Pendels durch die Schraube des Fühlhebels ergiebt, mit der von dem Mittelpunkte der Schwingung auf den Mittelpunkt des Hohlcyinders reducirten Schwingungszeit vergleichen will. Man erhält hierdurch die Länge des kürzeren Pendels, von der Schneide bis zum Mittelpunkte des Hohlcyinders gerechnet,

$$L = -fp + F + 0^L,0053709 \{0,6460 e' + 0,3540 e''\}$$

wo F für

$$G - 13^L,8804 + 0^L,00207 \frac{11560 - M}{5760}$$

geschrieben ist und f die Angabe der Schraube des Fühlhebels, für welche er in gehörige Berührung mit der Spitze des Hohlcyinders kömmt, bedeutet. Für das längere Pendel wird die der Temperatur des Versuchs entsprechende Länge der Toise hinzugefügt, welche ich, bei der Berechnung der folgen-

den Versuche, der im vorigen §. gegebenen Formel gemäß, ihre Temperatur aber (§. 7. f. A.)

angenommen habe. $= 0,4095 e'' + 0,5905 e'''$

4.

Ich werde jetzt die Zusammensetzung der angewandten Pendel mittheilen. Ich betrachte sie als aus vier Theilen bestehend, nämlich der Schneide, verbunden mit der in dieselbe eingeschraubten Fadenklemme; dem Faden; dem Coincidenzcyylinder; dem Hohlcyylinder, vereinigt mit der Fadenklemme, der Spitze und dem eingeschlossenen Körper. Die Gewichte dieser Theile, im leeren Raume, bezeichne ich durch $m^{(1)}$, $m^{(2)}$, $m^{(3)}$, $m^{(4)}$; die Entfernungen ihrer Schwerpunkte von der Schneide durch $s^{(1)}$, $s^{(2)}$, $s^{(3)}$, $s^{(4)}$; ihre auf horizontale Axen durch die Schwerpunkte bezogenen Momente der Trägheit durch $\mu^{(1)}$, $\mu^{(2)}$, $\mu^{(3)}$, $\mu^{(4)}$.

1. Die Schneide, verbunden mit der Fadenklemme. Durch das in der VII. Beilage (f. A.) beschriebene Verfahren und die nöthigen Abwägungen, hat sich gefunden:

$$m^{(1)} = 255,91 \quad ; \quad s^{(1)} = 0,812 \quad ; \quad \mu^{(1)} = 11858 + \tau \cdot 0,41.$$

Die Einheiten, welche hierbei, so wie auch bei dem Folgenden, zum Grunde liegen, sind für m der Preussische Gran, für s die Pariser Linie, für μ das Product des Quadrats der Pariser Linie in den Preussischen Gran. Die kleine Veränderung, welche $\mu^{(1)}$ durch die Temperatur erleidet, habe ich beigeschrieben.

2. Der Faden. Die Basis der in den Rahmen der Schneide eingeschraubten Fadenklemme ist $10,192$ von der Schneide entfernt, und der Faden ist am Ende der Schraube dieser Klemme, $0,95$ über der Basis abgeschnitten. Wenn die Länge des Fadens durch r bezeichnet wird, so sind also die Entfernungen seines Anfangs und seines Endes von der Schneide

$$9,242 \quad \text{und} \quad 9,242 + r.$$

Anfangs sind stärkere, später, vom 1. Juli an, schwächere Fäden angewandt; für die ersteren hat man für beide Pendel:

$$m^{(2)} \begin{Bmatrix} 11,28 \\ 3,69 \end{Bmatrix} \quad s^{(2)} = 9^L,242 + \frac{1}{2} r \quad ; \quad \mu^{(2)} = \begin{Bmatrix} 11,28 \\ 3,69 \end{Bmatrix} \frac{rr}{12}$$

für die letzteren

$$m^{(2)} \begin{Bmatrix} 6,19 \\ 2,06 \end{Bmatrix} \quad s^{(2)} = 9^L,242 + \frac{1}{2} r \quad ; \quad \mu^{(2)} = \begin{Bmatrix} 6,19 \\ 2,06 \end{Bmatrix} \frac{rr}{12}$$

3. Der Coincidenzcyylinder. Die bei den früheren Versuchen angewandten kleinen Cylinder sind wieder benutzt worden; doch ist ihr Gewicht, durch neues Bestreichen mit schwarzer Farbe, ein wenig verändert:

$$m^{(3)} \begin{Bmatrix} 3,68 \\ 3,82 \end{Bmatrix} \quad s^{(3)} = \begin{Bmatrix} 1277,8 \\ 413,8 \end{Bmatrix} \quad \mu^{(3)} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 2 \end{Bmatrix}$$

4. Der Hohlcyylinder, vereinigt mit der Klemme, der Spitze und dem eingeschlossenen Körper. Der Hohlcyylinder ist, wie ich oben schon gesagt habe, an beiden Enden durch eingeschraubte Böden verschlossen, in welche die Fadenklemme und die Spitze befestigt werden. Die Gewichte dieser drei Theile sind 3933,05 ; 18,86 ; 19,49 Gran. Die Abmessungen des Hohlcyinders selbst sind:

$$\begin{array}{lcl} \text{Äußere Höhe} & \dots\dots\dots 24^L,11775 & \left. \begin{array}{l} \text{Dicke der Böden} \\ \text{Innere} \quad \text{„} \quad \dots\dots\dots 21,92441 \end{array} \right\} = 1^L,09667 \\ \text{Äußerer Durchmesser} & 23,94580 & \left. \begin{array}{l} \text{Dicke der Wand} \\ \text{Innerer} \quad \text{„} \quad 22,01438 \end{array} \right\} = 0^L,96571 \end{array}$$

Die durch die Böden gebohrten, zur Aufnahme der Klemme und Spitze bestimmten Schraubenmuttern können als cylindrisch, ihre Durchmesser $= 1^L,5$ angenommen werden. Unter der Voraussetzung der Symmetrie des Hohlcyinders liegt sein Schwerpunkt in der Mitte seiner Figur; sein Moment der Trägheit ist, dem angegebenen Gewichte und Abmessungen zufolge, $= 513715,8$.

Die Klemme, welche in den oberen Boden eingeschraubt wird, hat ihren Schwerpunkt $0^L,6020$ über der äußeren Fläche desselben, und das auf ihren Schwerpunkt bezogene Moment der Trägheit $= 14,95$; die Spitze hat ihren Schwerpunkt $0^L,6943$ unter der äußeren Fläche des unteren Bodens und das Moment der Trägheit $= 16,85$. Diese Zahlen sind aus den Abmessungen beider Körper, in Verbindung mit ihren Gewichten, hervorgegangen; ich führe keine Einzelheiten darüber an, indem sie für das Endresultat der Versuche unerheblich sein würden.

Alle drei vereinigte Körper haben das Gewicht $m = 3971,4$ Gran; ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt liegt $0,00246$ unter dem Mittelpunkte des Hohlcyinders, auf welchen bezogen ihr Moment der Trägheit $= 519940,6 + \tau \cdot 19,53$ ist. Die Entfernung des Schwerpunktes des leeren, jedoch mit der Klemme und Spitze vereinigten Hohlcyinders von der Schneide, geht aus der Messung der Pendellänge (§. 3.)

$$= L + 0,00246$$

hervor; durch diese Messung wird auch r bekannt, denn den obigen Angaben zufolge ist

$$L = 9,242 + r + 12,0589 - 0,95 = r + 20,3509$$

wodurch also r aus der Rechnung geschafft werden kann. Dem leeren Hohlcyylinder entsprechen also

$$m = 3971,40 \quad ; \quad s = L + 0,00246 \quad ; \quad \mu = 519940,6 + \tau \cdot 19,53$$

und es sind, um die Zusammensetzung des Pendels vollständig zu erhalten, nur noch die im Hohlcyylinder verschlossenen Körper zu betrachten.

Diese sind sämmtlich mehr oder weniger genau gearbeitete Cylinder. Wird einer derselben, dessen Gewicht ich durch m , sein Moment der Trägheit durch μ , bezeichne, so in den Hohlcyylinder befestigt, daß sein Schwerpunkt sich in der Entfernung s , unter dem Mittelpunkte desselben befindet, so erhält man

$$m^{(4)} = 3971,40 + m,$$

$$s^{(4)} = L + \frac{0,00246 \cdot 3971,4 + s \cdot m}{3971,4 + m},$$

$$\mu^{(4)} = 519940,6 + \tau \cdot 19,53 + \mu + \frac{3971,4 \cdot m \cdot s \cdot s + m \cdot m \cdot (0,00246)^2}{3971,4 + m},$$

Allein wenn man, wie es von mir geschehen ist, jeden Versuch nach der Umkehrung des Hohlcyinders wiederholt, wodurch s , das entgegengesetzte Zeichen erhält, so verschwindet es aus dem Mittel der Werthe von $s^{(4)}$ für beide Versuche. Ist s , ferner so klein, daß der Theil des Ausdruckes von $\mu^{(4)}$, welcher $s \cdot s$, enthält, unmerklich wird, so kann es ganz unbekannt bleiben. Aus der Vergleichung der stets in beiden Lagen des Hohlcyinders gemachten Versuche geht hervor, daß s , immer so klein gewesen ist, weshalb die Abkürzung

$\mu^{(4)} = 519940,6 + \tau \cdot 19,53 + \mu,$
nicht merklich fehlerhaft ist.

Wenn man die Länge des einfachen, mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingenden Pendels, durch $L + c$ bezeichnet, so hat man, nach der VII. Beilage (f. A.),

$$c = \frac{0,00246 \cdot 3971,4}{3971,4 + m,} + \frac{\sum \mu - m^{(1)} s^{(1)} \{s^{(4)} - s^{(1)}\} - m^{(2)} s^{(2)} \{s^{(4)} - s^{(2)}\} - \text{etc.}}{m^{(1)} s^{(1)} + m^{(2)} s^{(2)} + m^{(3)} s^{(3)} + m^{(4)} s^{(4)}}$$

Wegen der Biegsamkeit des Fadens ist diesem Werthe von c aber noch die in der VII. Beilage entwickelte Verbesserung hinzuzufügen. Die dort durch a bezeichnete Länge des Fadens wird hier von der Schneide bis an die in den Hohlcyylinder eingeschraubte Fadenklemme gerechnet und ist $= L - 14,02$; s ist mit hinreichender Annäherung $= 14,02$, und das dortige μ ist

$$= \frac{519940,6 + \tau \cdot 19,53 + \mu,}{3971,4 + m,};$$

wodurch man die noch anzubringende Verbesserung

$$= \frac{(L - 14,02) \mu \mu}{14,02 \cdot L^3}$$

erhält.

5.

Die zu der Berechnung der Versuche nothwendige Kenntniss der Massen und Momente der Trägheit der in den Hohlcyylinder verschlossenen Körper wird man durch folgende Angaben erhalten.

Von Repsold verfertigt und daher vollkommen regelmässig geformt, sind die Cylinder von Messing, Eisen, Zink und Blei; den übrigen Substanzen konnte die cylindrische Figur nur mit geringerer Annäherung gegeben werden, allein da Unregelmässigkeiten derselben nur geringen Einfluss auf das Resultat erhalten, so halte ich die ihnen gegebene Annäherung an die cylindrische Figur für hinreichend zur Berechnung der Versuche innerhalb der durch ihre eigene Sicherheit bestimmten Grenze.

1. Messing.

Es wurden drei Cylinder von verschiedenem Gewichte angewendet, auch liess ich den aus demselben Metalle verfertigten Hohlcyylinder ohne

Belastung schwingen. Ich beabsichtigte durch diese Abänderung der Versuche durch verschiedene Massen desselben Metalls, die zur Bestimmung des Einflusses der Luft auf die Schwingungszeiten nothwendigen Beobachtungen zu erlangen. Für die drei Cylinder sind die Gewichte und Abmessungen, die ersteren für den leeren Raum, die letzteren für die Temperatur des schmelzenden Eises:

	Gewicht.	Höhe.	Durchm.
I	7466 ^g ,15	12 ^L ,6468	21 ^L ,9973
II	3896,18	6,5180	21,8830
III	1970,12	3,3190	21,8830

Die hieraus und aus der Ausdehnung 0,000018782 für einen Grad der Temperatur hervorgehenden Werthe von μ , sind:

$$325307,9 + \tau \cdot 12,22 \quad ; \quad 130403,1 + \tau \cdot 4,90 \quad ; \quad 60772,4 + \tau \cdot 2,28$$

und man erhält durch ihre Verbindung mit den Angaben des §. 4.

	$m^{(4)}$	$s^{(4)} - L$	$\mu^{(4)}$
I	11437,55	+ 0 ^L ,0009	845248,5 + $\tau \cdot 31,75$
II	7867,58	+ 0,0012	650343,7 + $\tau \cdot 24,43$
III	5941,52	+ 0,0016	580713,0 + $\tau \cdot 21,81$
IV	3971,40	+ 0,0025	519940,6 + $\tau \cdot 19,53$

2. Eisen.

Das Gewicht des Cylinders ist 7466,19 Gran; seine Abmessungen in der Temperatur des schmelzenden Eises sind: Höhe = 13^L,5245, Durchmesser = 21^L,99792. Angenommene Ausdehnung = 0,0000114; μ , = 339614,2 + $\tau \cdot 7,74$

$m^{(4)}$	$s^{(4)} - L$	$\mu^{(4)}$
11437,59	+ 0 ^L ,0009	859554,8 + $\tau \cdot 27,27$

3. Zink.

Das Gewicht des Cylinders ist 7466,34 Gran; seine Abmessungen in der Temperatur des schmelzenden Eises sind: Höhe = 14^L,65553, Durchmesser = 21^L,9898. Angenommene Ausdehnung = 0,0000302; μ , = 359285,3 + $\tau \cdot 21,70$

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 11437,74 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0,0009 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 879225,9 + \tau \cdot 41,23 \end{array} \right|$$

4. Blei.

Das Gewicht des Cylinders ist 7465,79 Gran; seine Abmessungen in der Temperatur des schmelzenden Eises sind: Höhe = 9^L,2994, Durchmesser = 21^L,9942. Angenommene Ausdehnung = 0,0000315; $\mu = 279523,9 + \tau \cdot 17,61$

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 11437,19 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0,0009 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 799464,5 + \tau \cdot 37,14 \end{array} \right|$$

5. Silber.

Der Körper, mit welchem die Versuche gemacht wurden, bestand aus 20 Preussischen Thalern, welche cylindrisch zusammengelegt, und deren Zwischenräume mit Harz ausgefüllt waren. Zur Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen diesem Cylinder und der Wand des Hohlcyinders wurden passend bearbeitete Stäbchen von Mahagoniholz angewendet; ein kleiner Raum, welcher auch in der Höhe übrig blieb, ward durch Harz ausgefüllt. Der Hohlcylinder und sein Inhalt konnten nun, nach dem Erkalten, als eine hinreichend feste Masse angesehen werden. Das Gewicht der vereinigten Münzen war 7349,93 Gran; der Ausfüllung 122,30 Gran. Die ersteren können als ein Cylinder angesehen werden, dessen Abmessungen in der Temperatur der damit gemachten Versuche: Höhe = 20^L,3, und Durchmesser = 16^L,8 waren; die andere als ein denselben umgebenden Hohlcylinder von 21^L,92 Höhe, dessen äußerer Durchmesser = 22^L,018 war. Hieraus folgt, für beide zusammengekommen, $\mu = 392815,6$.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 11443,63 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0,0009 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 912736,2 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

6. Gold.

Auf ähnliche Art wie aus den Silbermünzen, wurde aus 31 doppelten Friedrichsd'or ein Cylinder gemacht und durch Harz im Hohlcylinder fest-

gegossen. Das Gewicht der vereinigten Goldstücke war 6825,64 Gran; der Ausfüllung 622,14 Gran. Die ersteren können als ein Cylinder angesehen werden, dessen Abmessungen in der Temperatur der Versuche: Höhe = 21^L,6 und Durchmesser = 12^L,5 waren; die Ausfüllung als ein denselben umgebender Hohlcyylinder von 21^L,92 Höhe, dessen äußerer Durchmesser = 22^L,018 war. Hieraus folgt, für beide zusammengenommen, $\mu, = 383875,0$.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 11419,18 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0009 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 901815,6 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

7. Meteoreisen von Brera.

Von dieser, sich in der Bearbeitung äußerst schwierig erzeigenden Masse, wurde ein Cylinder von 7724,84 Gran Gewicht gemacht. Seine Form wich merklich von der regelmässigen ab, allein im Mittel aus Messungen an verschiedenen Punkten fand ich, für die Temperatur der Versuche, seine Höhe = 18^L,89, seinen Durchmesser = 21^L,53; $\mu, = 453504,7$.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 11696,24 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0009 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 973445,3 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

8. Meteorstein von l'Aigle.

Ein größeres Stück und mehrere kleinere wurden zusammengekittet und daraus ein Cylinder gemacht, dessen Gewicht 4704,67 Gran war. Seine Abmessungen waren: Höhe = 21^L,5, Durchmesser = 21^L,2; $\mu, = 313382,0$.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 8676,07 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0012 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 83322,6 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

9. Marmor.

Der Cylinder, welcher auf der Drehbank bearbeitet werden konnte, und daher eine regelmässige Form besaß, wog 4208,54 Gran. Seine Abmessungen waren: Höhe = 21^L,924, Durchmesser = 21^L,968; $\mu, = 295511,9$.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 8179,94 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0012 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 815452,5 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

10. Thon.

Der gleichfalls auf der Drehbank bearbeitete Cylinder hatte das Gewicht = 2876,78 Gran. Seine Abmessungen waren: Höhe = 21^L,924, Durchmesser = 21^L,900; μ , = 201463,2.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 6848,18 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0014 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 721403,8 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

11. Quarz.

Da ich keinen festen Cylinder von einigermaßen regelmässiger Figur erlangen konnte, füllte ich den Hohlcyylinder mit in kleine Stückchen zertheiltem Quarz an; damit diese Stückchen ihre Lage gegeneinander, während der Versuche, nicht ändern konnten, wurde in die stark erwärmte Masse geschmolzenes Wachs geträpfelt, bis alle Zwischenräume dadurch gefüllt waren. Diese Ausfüllung des Hohlcyinders wog 2409,02 Gran; ihre Abmessungen für die Temperatur der Versuche waren: Höhe = 21^L,9317, Durchmesser = 22^L,0216. μ , = 169577,4.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 6380,42 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0015 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 689518,0 + \tau \cdot 19,53 \end{array} \right|$$

12. Wasser.

Der Hohlcyylinder wurde zu drei verschiedenen Zeiten mit destillirtem Wasser gefüllt; es wurde dafür gesorgt, daß keine Luftblasen darin zurückblieben. Zuerst geschah dieses am 1. Juni, wo der Hohlcyylinder 1564,61 Gran Wasser aufnahm; dann am 22. Juni, wo das Gewicht 1571,10 Gran betrug; endlich am 4. Juli, wo ich es = 1571,54 Gran fand. Die hieraus und aus den, den Temperaturen entsprechenden inneren Dimensionen des Hohlcyinders berechneten Werthe von μ , sind = 110131,7; 110597; 110641.

$$\left| \begin{array}{c} m^{(4)} \\ 5536,01 \\ 5542,50 \\ 5542,94 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} s^{(4)} - L \\ + 0^L,0018 \\ + 0,0018 \\ + 0,0018 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \mu^{(4)} \\ 630418 \\ 630893 \\ 630982 \end{array} \right|$$

Damit man die Fehler, welche aus Unrichtigkeiten der angegebenen Werthe von μ , im Endresultate, nämlich in der Länge des einfachen Sekundenpendels entstehen, übersehen, und beurtheilen könne, inwiefern dieses Resultat auch für die Substanzen, welchen die cylindrische Figur nur mit geringerer Annäherung gegeben werden konnte, gefunden werden kann, führe ich noch an, daß der Fehler von μ , für

Silber	auf $\frac{1}{27}$
Gold	" $\frac{1}{26}$
Meteoreisen	" $\frac{1}{30}$
Meteorstein	" $\frac{1}{28}$
Quarz	" $\frac{1}{20}$

steigen müßte, wenn daraus ein Fehler der einfachen Sekundenpendellänge von 0,001 entstehen sollte. Daß die wirklich vorhandene Unsicherheit der Werthe von μ , für diese Substanzen kleiner ist als diese Brüche, ist nicht zu bezweifeln.

6.

Die Reduction der beobachteten Schwingungszeiten auf den leeren Raum, welche durch die Formel des 14^{ten} §. (f. A.)

$$L + c = \lambda \cdot tt \cdot \frac{1 - \frac{m's'}{ms}}{1 + \frac{m'}{m} k}$$

oder die ihr gleichgültige

$$L + c - \lambda \cdot tt = - \lambda \cdot tt \cdot \frac{m's'}{ms} - (L + c) \frac{m'}{m} k$$

ausgedrückt wird, setzt die Angaben voraus, welche ich jetzt mittheilen werde. In dieser Formel bedeutet t die unmittelbar beobachtete Schwingungszeit des Pendels, m seine Masse, s die Entfernung seines Schwerpunkts von der Schneide, λ die Länge des einfachen Sekundenpendels; m' ist die Masse der aus der Stelle verdrängten Luft, s' die Entfernung des Schwerpunkts derselben von der Schneide. Die durch die Versuche zu bestimmende Gröfse k setze ich für beide Pendel nicht als gleich voraus; für das längere bezeichne ich sie durch k , für das kürzere durch k' .

Wenn man die Dichtigkeit der Luft, die des dichtesten Wassers = 1 angenommen, durch Δ bezeichnet, die Dichtigkeiten der vier Theile, aus

welchen die Pendel zusammengesetzt angenommen worden sind (§. 4.), durch $\delta^{(1)}$, $\delta^{(2)}$, $\delta^{(3)}$, $\delta^{(4)}$, so hat man

$$m's' = \left\{ \frac{m^{(1)}s^{(1)}}{\delta^{(1)}} + \frac{m^{(2)}s^{(2)}}{\delta^{(2)}} + \frac{m^{(3)}s^{(3)}}{\delta^{(3)}} + \frac{m s^{(4)}}{\delta^{(4)}} \right\} \Delta$$

$$ms = \{m^{(1)}s^{(1)} + m^{(2)}s^{(2)} + m^{(3)}s^{(3)} + m^{(4)}s^{(4)}\}$$

$$m' = \left\{ \frac{m^{(1)}}{\delta^{(1)}} + \frac{m^{(2)}}{\delta^{(2)}} + \frac{m^{(3)}}{\delta^{(3)}} + \frac{m}{\delta^{(4)}} \right\} \Delta$$

$$m = m^{(1)} + m^{(2)} + m^{(3)} + m^{(4)}$$

wo m , im letzten Gliede der Ausdrücke von $m's'$ und m' , die Masse des leeren Hohlcyinders, und $\delta^{(4)}$ seine Dichtigkeit bedeuten.

Die Werthe von $m^{(1)}$, $m^{(2)}$, $m^{(3)}$, $m^{(4)}$ und der beiden Theile von m und m' , deren Summe der letztere Werth ist, so wie auch von $s^{(1)}$, $s^{(2)}$, $s^{(3)}$, $s^{(4)}$, sind §. 4. und 5. angegeben. Ferner habe ich, für die Temperatur des schmelzenden Eises, angenommen:

$$\delta^{(1)} = 7,755 ; \delta^{(2)} = 7,6 ; \delta^{(3)} = 8,4 ; \delta^{(4)} = 1,938143$$

wovon der erste und der letzte Werth auf Abwägungen in Wasser beruhen. Für die Temperatur l' des Pendels kann man den Dichtigkeiten aller vier Theile desselben, ohne merklichen Fehler, die Veränderung zuschreiben, welche $\delta^{(4)}$ erleidet, d. h. man kann alle durch $(1 + l' \cdot 0,000018782)^3$ dividiren.

Die Dichtigkeit der Luft, für die Barometerhöhe β und die Temperatur τ des Quecksilbers und der Scale, ist, dem 15^{ten} §. meiner früheren Abhandlung zufolge,

$$\Delta = \frac{\beta}{337,006 \cdot 770,488 \cdot (1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

Aus diesen Angaben erhält man für die vor dem 1. Juli angewendeten Pendel, für

$$\text{das längere} \quad \frac{m's'}{ms} = \frac{2050,34 \Delta'}{3980,8 + m} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{2084,02 \Delta'}{4242,27 + m}$$

$$\text{das kürzere} \quad \frac{m's'}{ms} = \frac{2049,82 \Delta'}{3977,2 + m} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{2083,04 \Delta'}{4234,82 + m}$$

und nach der Veränderung der Fäden, am 1. Juli, für

$$\text{das längere} \quad \frac{m's'}{ms} = \frac{2050,00 \Delta'}{3978,35 + m} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{2083,35 \Delta'}{4237,18 + m}$$

$$\text{das kürzere} \quad \frac{m's'}{ms} = \frac{2049,35 \Delta'}{3973,2 + m} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{2082,82 \Delta'}{4233,19 + m}$$

wo Δ' für $\Delta \{1 + l' \cdot 0,00018782\}^3$ geschrieben ist. Wenn man β' für

$$\frac{\beta (1 + l' \cdot 0,0000564)}{(1 + \tau \cdot 0,0001614) (1 + l' \cdot 0,00375)}$$

schreibt, so ist, nach diesen Formeln, für den früheren Zustand der Pendel, für

$$\text{das längere } \frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta'}{3980,8 + m,} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{\alpha'\beta'}{4242,27 + m,} \quad \begin{cases} l\alpha = 7,89742 \\ l\alpha' = 7,90450 \end{cases}$$

$$\text{das kürzere } \frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta'}{3977,2 + m,} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{\alpha'\beta'}{4234,82 + m,} \quad \begin{cases} l\alpha = 7,89731 \\ l\alpha' = 7,90429 \end{cases}$$

und für den späteren Zustand, für

$$\text{das längere } \frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta'}{3978,35 + m,} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{\alpha'\beta'}{4237,18 + m,} \quad \begin{cases} l\alpha = 7,89735 \\ l\alpha' = 7,90436 \end{cases}$$

$$\text{das kürzere } \frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta'}{3973,2 + m,} ; \quad \frac{m'}{m} = \frac{\alpha'\beta'}{4233,19 + m,} \quad \begin{cases} l\alpha = 7,89721 \\ l\alpha' = 7,90425 \end{cases}$$

7.

Das Verfahren, welches ich bei der Anstellung der gegenwärtigen Versuche beobachtet habe, ist dem in meiner früheren Abhandlung beschriebenen durchaus ähnlich, weshalb ich hier alle Erklärungen darüber ersparen kann. Die Anzahl der Schwingungen, welche für die verschiedenen Substanzen hat beobachtet werden können, hängt von der Schnelligkeit der Verkleinerung des Schwingungswinkels ab, welche für schwerere, in den Hohlcyliner verschlossene Massen kleiner, für leichtere gröfser ist. Für die schwersten, nämlich Messing I, Eisen, Zink, Blei, Silber, Gold und Meteoreisen konnten 3500 Schwingungen des längeren Pendels beobachtet werden, ehe die Winkel so klein wurden, dafs die Beobachtungen ihre Sicherheit verloren. Für den Meteorstein wurden die Versuche mit 3000 Schwingungen geschlossen, allein um dennoch nicht geringere Genauigkeit zu erlangen, wurde jeder Versuch zweimal wiederholt. Für Messing II und Marmor mußte schon mit 2500 Schwingungen abgebrochen werden, allein auch hier wurde jeder Versuch wiederholt. Für Messing III, Thon und Quarz wurden zwar 4000 Schwingungen beobachtet, jedoch mußte das Pendel neu in Bewegung gesetzt werden, nachdem die Hälfte derselben vollendet war. Für Wasser wurden bei jedem Versuche zweimal 1500 Schwin-

gungen beobachtet und überdies jeder zweimal wiederholt. Die Schwingungen des leeren Hohlcyinders am langen Pendel verloren die nothwendige Ausdehnung so schnell, daß ich auf ihre Beobachtung ganz Verzicht leisten, und mich darauf beschränken mußte, diesen Körper am kürzeren Pendel allein schwingen zu lassen. Die Schwingungen des kürzeren Pendels können immer mit hinreichender Genauigkeit beobachtet werden, wenn ihre Ausdehnung auch schnell vermindert wird.

Der Einfluß, welchen die Elasticität des Fadens, dem 9^{ten} §. (f. A.) zufolge, auf die Messung der Länge des Pendels erhält, ist für die stärkeren, bis zum 29. Juni angewendeten Fäden, genau so wie bei meinen früheren Versuchen, nämlich

$0,0042$ und $0,0014$

für beide Pendel gefunden worden; für die schwächeren, vom 1. Juli bis zum Ende der Versuche gebrauchten Fäden

$0,0069$ und $0,0023$.

Beide Angaben gründen sich auf Beobachtungen der Verlängerungen, welche die Pendelfäden erfuhren, indem das sie spannende Gewicht um etwa eine Unze vermehrt wurde. Eine Abhängigkeit dieser Verlängerung von dem Grade der Spannung, welchen die Fäden vor dem Zulegen des Gewichtes von einer Unze besaßen, habe ich nicht bemerken können.

Die folgende Mittheilung der Versuche enthält nicht die einzelnen beobachteten Coincidenzen und die zu ihrer Berechnung angewendeten Stände der Uhren, sondern nur die aus denselben abgeleiteten, auf unendlich kleine Winkel reducirten und in mittlerer Zeit ausgedrückten Schwingungszeiten. Da der Grad der Sicherheit, welchen die angewendete Verfahrensart gewährt, durch die früheren Versuche schon bekannt geworden ist, so glaube ich, den vielen Raum ersparen zu dürfen, welchen eine, jedes einzelne Moment angehende Darstellung der zahlreichen neuen Versuche erfordern würde.

1^{ste} Bestimmung. Eisen.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Apr. 27. 22 ^h 54'	Apr. 28. 5 ^h 23'	Apr. 28. 23 ^h 39'	Apr. 29. 4 ^h 59'
Barometerstand	342 ^L ,19. 9 ^o 6	342 ^L ,64. 11 ^o 3	342 ^L ,70. 10 ^o 0	342 ^L ,15. 11 ^o 7
Temperat. des Apparats	$\left. \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right\}$ 9 ^o 565	$\left. \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right\}$ 10 ^o 20	$\left. \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right\}$ 9 ^o 61	$\left. \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right\}$ 10 ^o 275
	10,00	10,545	10,005	10,57
	10,49	10,885	10,44	10,93
Temperatur der Luft	$\left. \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right\}$ 9,385	$\left. \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right\}$ 10,11	$\left. \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right\}$ 9,565	$\left. \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right\}$ 10,235
	10,515	10,625	10,01	11,025
Zahl der Schwingungen	3700	6859	7080	3696
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7200431	0 ^{''} ,9992621	0 ^{''} ,9992186	1 ^{''} ,7200446
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,544	9 ^R ,482	9 ^R ,506	9 ^R ,569
Länge der Toise	863 ^L ,9391	—	—	863 ^L ,9441
Constante <i>F</i>	440,6482	440,6482	440,6482	440,6482
Corr. für die Temperatur	+ 0,0526	+ 0,0559	+ 0,0528	+ 0,0562
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Untersch.	— 0,8609	— 0,8553	— 0,8574	— 0,8631
Gemessene Länge	1303,7832	439,8502	439,8450	1303,7896
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,1577	440,1597	440,1214	1304,1599
Zusammensetzung	+ 0,1843	— 0,1249	— 0,1249	+ 0,1843
Red. auf das Vac.	— 0,2973	— 0,1002	— 0,1004	— 0,2962
Berechnete Länge	1304,0447	439,9346	439,8961	1304,0480
Unterschied	+ 0 ^L ,2615	+ 0 ^L ,0844	+ 0 ^L ,0511	+ 0 ^L ,2584
	— 0,2952 <i>k</i>	— 0,0995 <i>k'</i>	— 0,0997 <i>k'</i>	— 0,2942 <i>k</i>

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,2600 - 0^L,2947 \text{ } k + 2,9578 . \epsilon \\ \text{kurzes } \text{ } 0 = + 0,0678 - 0,0996 \text{ } k' + 0,9983 . \epsilon \end{array} \right.$

2^{te} Bestimmung. Zink.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Apr. 29. 23 ^h 53'	Mai 1. 23 ^h 47'	Mai 2. 5 ^h 8'	Mai 3. 3 ^h 13'
Barometerstand	338 ^L ,20. 11 ^o ,6	332 ^L ,45. 9 ^o ,8	334 ^L ,70. 10 ^o ,2	337 ^L ,44. 10 ^o ,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ},345 \\ 10,615 \\ 10,935 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9^{\circ},34 \\ 9,685 \\ 10,04 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9^{\circ},515 \\ 9,91 \\ 10,215 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 9^{\circ},02 \\ 9,22 \\ 9,45 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 8,995 \\ 9,57 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,32 \\ 11,025 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,23 \\ 9,65 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,40 \\ 9,76 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3769	6796	7190	3692
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7200747	0 ^{''} ,9992817	0 ^{''} ,9991885	1 ^{''} ,7200033
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,513	9 ^R ,509	9 ^R ,521	9 ^R ,493
Länge der Toise	863 ^L ,9443	—	—	863 ^L ,9297
Constante F	440, 6493	440, 6493	440, 6493	440, 6493
Corr. für die Temperatur	+ 0, 0565	+ 0, 0512	+ 0, 0522	+ 0, 0492
Elast. des Fadens	+ 0, 0042	+ 0, 0014	+ 0, 0014	+ 0, 0042
Gemessener Untersch.	— 0, 8581	— 0, 8577	— 0, 8588	— 0, 8561
Gemessene Länge	1303, 7962	439, 8442	439, 8441	1303, 7763
440 ^L ,81	1304, 2056	440, 1778	440, 0949	1304, 0973
Zusammensetzung	+ 0, 1829	— 0, 1292	— 0, 1292	+ 0, 1829
Red. auf das Vac.	— 0, 2928	— 0, 0975	— 0, 0981	— 0, 2935
Berechnete Länge	1304, 0957	439, 9511	439, 8676	1303, 9867
Unterschied	+ 0 ^L ,2995	+ 0 ^L ,1069	+ 0 ^L ,0235	+ 0 ^L ,2104
	— 0, 2907 k	— 0, 0969 k'	— 0, 0975 k'	— 0, 2915 k

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,2550 - 0^L,2911 k + 2,9578 . \varepsilon \\ \text{kurzes } \text{„} \text{ } 0 = + 0,0652 - 0,0972 k' + 0,9982 . \varepsilon \end{array} \right.$

3^{te} Bestimmung. Blei.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Mai 3. 23 ^h 43'	Mai 4. 6 ^h 46'	Mai 5. 4 ^h 40'	Mai 6. 6 ^h 2'
Barometerstand	337 ^L ,64. 9 ^o 3	337 ^L ,09. 10 ^o 2	335 ^L ,92. 9 ^o 8	336 ^L ,35. 12 ^o 3
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8,92 \\ 9,215 \\ 9,475 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,515 \\ 9,785 \\ 10,09 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8,53 \\ 8,73 \\ 9,15 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 10,00 \\ 10,37 \\ 10,935 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8,83 \\ 9,535 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,495 \\ 9,80 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8,485 \\ 8,86 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 10,15 \\ 11,41 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3682	6868	7246	3645
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7200581	0 ^{''} ,9992684	0 ^{''} ,9991788	1 ^{''} ,7200133
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,458	9 ^R ,469	9 ^R ,457	9 ^R ,528
Länge der Toise	863 ^L ,9298	—	—	863 ^L ,9433
Constante <i>F</i>	440,6501	440,6501	440,6501	440,6501
Corr. für die Temperatur	+ 0,0488	+ 0,0520	+ 0,0465	+ 0,0548
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 0,8531	— 0,8541	— 0,8530	— 0,8594
Gemessene Länge	1303,7798	439,8494	439,8450	1303,7930
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,1804	440,1652	440,0863	1304,1125
Zusammensetzung	+ 0,1887	— 0,1130	— 0,1130	+ 0,1887
Red. auf das Vac.	— 0,2939	— 0,0988	— 0,0988	— 0,2912
Berechnete Länge	1304,0752	439,9534	439,8745	1304,0100
Unterschied +	+ 0 ^L ,2954	+ 0 ^L ,1040	+ 0 ^L ,0295	+ 0 ^L ,2170
—	— 0,2919 <i>k</i>	— 0,0981 <i>k'</i>	— 0,0981 <i>k'</i>	— 0,2893 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,2562 - 0^L,2906 \text{ } k + 2,9578 \cdot \epsilon \\ \text{kurzes } \text{ } 0 = + 0,0668 - 0,0981 \text{ } k' + 0,9982 \cdot \epsilon \end{array} \right.$$

4^{te} Bestimmung. Silber.

Lage des Hohlcyllinders	Langes Pendel. I	Kurzes Pendel. I	Kurzes Pendel. II	Langes Pendel. II
St. Z. des Versuchs	Mai 6. 2 ^h 43'	Mai 7. 6 ^h 48'	Mai 8. 5 ^h 37'	Mai 9. 5 ^h 43'
Barometerstand	335 ^L ,77. 12 ^o ,3	335 ^L ,16. 13 ^o ,1	336 ^L ,05. 14 ^o ,4	335 ^L ,06. 14 ^o ,7
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ},31 \\ 11,585 \\ 12,00 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ},55 \\ 11,875 \\ 12,29 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ},93 \\ 12,40 \\ 13,01 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,205 \\ 12,09 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,54 \\ 12,005 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 12,035 \\ 12,655 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3644	7632	6316	3716
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7199473	0 ^{''} ,9990927	0 ^{''} ,9994187	1 ^{''} ,7201608
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,538	9 ^R ,589	9 ^R ,557	9 ^R ,479
Länge der Toise	863 ^L ,9545	—	—	863 ^L ,9679
Constante <i>F</i>	440, 6510	440, 6510	440, 6510	440, 6510
Corr. für die Temperatur	+ 0, 0617	+ 0, 0631	+ 0, 0654	+ 0, 0681
Elast. des Fadens	+ 0, 0042	+ 0, 0014	+ 0, 0014	+ 0, 0042
Gemessener Untersch.	— 0, 8603	— 0, 8649	— 0, 8620	— 0, 8550
Gemessene Länge	1303, 8111	439, 8506	439, 8558	1303, 8362
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304, 0124	440, 0105	440, 2977	1304, 3362
Zusammensetzung	+ 0, 1806	— 0, 1359	— 0, 1359	+ 0, 1806
Red. auf das Vac.	— 0, 2894	— 0, 0974	— 0, 0975	— 0, 2875
Berechnete Länge	1303, 9036	439, 7772	440, 0643	1304, 2293
Unterschied	+ 0 ^L ,0925	— 0 ^L ,0734	+ 0 ^L ,2085	+ 0 ^L ,3931
	— 0, 2875 <i>k</i>	— 0, 0968 <i>k'</i>	— 0, 0968 <i>k'</i>	— 0, 2855 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,2428 - 0^L,2865 \, k + 2,9579 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad \quad 0 = + 0,0676 - 0,0968 \, k' + 0,9983 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

5^{te} Bestimmung. Gold.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Mai 9. 1 ^h 45'	Mai 10. 7 ^h 6'	Mai 10. 0 ^h 29'	Mai 11. 7 ^h 16'
Barometerstand	337 ^L ,09. 12,0	338 ^L ,57. 12,4	338 ^L ,77. 11,7	338 ^L ,12. 13,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,745 \\ 12,165 \\ 12,455 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,955 \\ 12,38 \\ 12,62 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,085 \\ 11,395 \\ 11,665 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 11,84 \\ 12,17 \\ 12,43 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,645 \\ 12,60 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,855 \\ 12,325 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,01 \\ 11,375 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 11,77 \\ 12,555 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3660	6991	6810	3664
Schwingungszeit	1 ^h ,7200486	0 ^h ,9992304	0 ^h ,9992807	1 ^h ,7200656
Schraube des Fühlhebels	9 ⁿ ,541	9 ⁿ ,495	9 ⁿ ,483	9 ⁿ ,497
Länge der Toise	863 ^L ,9598	—	—	863 ^L ,9596
Constante <i>F</i>	440,6503	440,6503	440,6503	440,6503
Corr. für die Temperatur	+ 0,0644	+ 0,0655	+ 0,0606	+ 0,0647
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Untersch.	— 0,8606	— 0,8564	— 0,8554	— 0,8566
Gemessene Länge	1303,8181	439,8608	439,8569	1303,8222
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,1661	440,1318	440,1761	1304,1908
Zusammensetzung	+ 0,1821	— 0,1340	— 0,1340	+ 0,1821
Red. auf das Vac.	— 0,2921	— 0,0985	— 0,0989	— 0,2915
Berechnete Länge	1304,0561	439,8993	439,9432	1304,0814
Unterschied	+ 0 ^L ,2380	+ 0 ^L ,0385	+ 0 ^L ,0863	+ 0 ^L ,2592
	— 0,2902 <i>k</i>	— 0,0979 <i>k'</i>	— 0,0982 <i>k'</i>	— 0,2896 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,2486 - 0^L,2899 \, k + 2,9579 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad \quad 0 = + 0,0624 - 0,0981 \, k' + 0,9983 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

6^{te} Bestimmung. Meteorstein.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	I
St. Z. des Versuchs	Mai 13. 23 ^h 57'	Mai 13. 3 ^h 16'	Mai 14. 6 ^h 37'
Barometerstand	337 ^L ,99. 10°,3	337 ^L ,95. 10°,5	337 ^L ,70. 10°,9
Temperat. des Apparats	9°,725	10°,225	10°,495
	9,96	10,40	10,665
	10,365	10,565	10,93
Temperatur der Luft	9,675	10,15	10,46
	10,415	10,405	10,87
Zahl der Schwingungen	3208	7356	3179
Schwingungszeit	1",7198648	0",9991525	1",7198544
Schraube des Fühlhebels	13 ^R ,505	10 ^R ,877	13 ^R ,538
Länge der Toise	863 ^L ,9382	—	863 ^L ,9444
Constante <i>K</i>	440,6508	440,6508	440,6508
Corr. für die Temperatur	+ 0,0531	+ 0,0557	+ 0,0572
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,2176	— 0,9812	— 1,2211
Gemessene Länge	1303,4287	439,7267	1303,4355
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,8873	440,0631	1303,8715
Zusammensetzung	+ 0,2448	— 0,1576	+ 0,2448
Reduct. auf das Vac.	— 0,3864	— 0,1302	— 0,3850
Berechnete Länge	1303,7457	439,7753	1303,7313
Unterschied +	+ 0 ^L ,3170	+ 0 ^L ,0486	+ 0 ^L ,2958
—	— 0,3810 <i>k</i>	— 0,1284 <i>k'</i>	— 0,3796 <i>k</i>

6^{te} Bestimmung. Meteorstein.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	II	II	II
St. Z. des Versuchs	Mai 14. 23 ^h 56'	Mai 14. 3 ^h 26'	Mai 15. 6 ^h 21'
Barometerstand	337 ^L ,65. 10°0	337 ^L ,81. 10°3	338 ^L ,14. 10°8
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,73 \\ 10,03 \\ 10,225 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,27 \\ 10,42 \\ 10,565 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9,94 \\ 10,185 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,16 \\ 10,59 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3205	6972	3194
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7199023	0 ^{''} ,9992391	1 ^{''} ,7198975
Schraube des Fühlhebels	13 ^R ,535	10 ^R ,928	13 ^R ,545
Länge der Toise	863 ^L ,9377	—	863 ^L ,9413
Constante <i>F</i>	440,6508	440,6508	440,6508
Corr. für die Temperatur	+ 0,0531	+ 0,0547	+ 0,0559
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,2209	— 0,9857	— 1,2218
Gemessene Länge	1303,4249	439,7212	1303,4304
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,9431	440,1394	1303,9369
Zusammensetzung	+ 0,2448	— 0,1576	+ 0,2448
Red. auf das Vac.	— 0,3860	— 0,1303	— 0,3859
Berechnete Länge	1303,8019	439,8515	1303,7958
Unterschied	+ 0 ^L ,3770 — 0,3806 <i>k</i>	+ 0 ^L ,1303 — 0,1285 <i>k'</i>	+ 0 ^L ,3654 — 0,3805 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \quad 0 = + 0^L,3388 - 0^L,3804 \, k + 2,9571 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes} \quad \quad \quad 0 = + 0,0894 - 0,1284 \, k' + 0,9981 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

7^{te} Bestimmung. Messing II.

	Langes Pendel.	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	I
St. Z. des Versuchs	Mai 19. 8 ^h 25'	Mai 20. 8 ^h 5'	Mai 20. 0 ^h 37'
Barometerstand	334 ^L ,76. 9,7	335 ^L ,87. 10,5	336 ^L ,20. 9,1
Temperat. des Apparats	8,95	9,115	8,87
	9,00	9,295	9,05
	9,15	9,50	9,325
Temperatur der Luft	8,875	9,18	8,845
	9,22	9,72	8,965
Zahl der Schwingungen	2628	2668	6006
Schwingungszeit	1",7198574	1",7198695	0",9991898
Schraube des Fühlhebels	14 ^R ,838	14 ^R ,830	11 ^R ,374
Länge der Toise	863 ^L ,9270	863 ^L ,9303	
Constante F	440,6531	440,6531	440,6531
Corr. für die Temperatur	+ 0,0483	+ 0,0497	+ 0,0483
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0042	+ 0,0014
Gemessener Unterschied	— 1,3384	— 1,3377	— 1,0259
Gemessene Länge	1303,2942	1303,2996	439,6769
440 ^L ,81	1303,8761	1303,8944	440,0960
Zusammensetzung	+ 0,2879	+ 0,2879	— 0,1209
Reduct. auf das Vac.	— 0,4232	— 0,4241	— 0,1435
Berechnete Länge	1303,7408	1303,7582	439,8316
Unterschied	+ 0 ^L ,4466	+ 0 ^L ,4586	+ 0 ^L ,1547
	— 0,4161 k	— 0,4169 k	— 0,1411 k'

Mittel
 langes Pendel
 kurzes "

7^{te} Bestimmung. Messing II.

Lage des Hohlcyllinders I	Kurzes Pendel. II I	Langes Pendel. II	Langes Pendel. II
St. Z. des Versuchs	Mai 20. 3 ^h 38'	Mai 21. 7 ^h 17'	Mai 22. 6 ^h 21'
Barometerstand	336 ^L ,10. 10°,2	336 ^L ,14. 11°,5	335 ^L ,50. 12°,9
Temperat. des Apparats	9°,215	9°,565	10°,10
	9,385	9,785	10,345
	9,695	10,19	10,835
Temperatur der Luft.	9,235	9,65	10,175
	9,415	10,34	11,055
Zahl der Schwingungen	6456	2660	2649
Schwingungszeit	0,9990769	1,7198005	1,7198034
Schraube des Fühlhebels	11 ^R ,359	14 ^R ,804	14 ^R ,784
Länge der Toise	—	863 ^L ,9364	863 ^L ,9424
Constante F	440,6531	440,6531	440,6531
Corr. für die Temperatur	+ 0,0502	+ 0,0522	+ 0,0552
Elast. des Fadens	+ 0,0014	+ 0,0042	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,0246	— 1,3353	— 1,3335
Gemessene Länge	439,6801	1303,3106	1303,3214
440 ^L ,81	439,9965	1303,7898	1303,7942
Zusammensetzung	— 0,1209	+ 0,2879	+ 0,2879
Reduct. auf das Vac.	— 0,1432	— 0,4237	— 0,4235
Berechnete Länge	439,7324	1303,6540	1303,6586
Unterschied	+ 0,0523	+ 0,3434	+ 0,3372
	— 0,1409 <i>k'</i>	— 0,4165 <i>k</i>	— 0,4163 <i>k</i>

Mittel { langes Pendel 0 = + 0^L,3965 — 0^L,4165 *k* + 2,9568 . ε
kurzes " 0 = + 0,1035 — 0,1410 *k'* + 0,9980 . ε

8^{te} Bestimmung. Meteoreisen.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Mai 23. 6 ^h 8'	Mai 23. 9 ^h 2'	Mai 23. 1 ^h 31'	Mai 24. 6 ^h 23'
Barometerstand	334 ^L ,00. 13,0	334 ^L ,02. 12,9	335 ^L ,40. 12,7	336 ^L ,03. 12,9
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,135 \\ 11,365 \\ 11,955 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,41 \\ 11,71 \\ 12,165 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,31 \\ 11,56 \\ 11,975 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 11,555 \\ 11,85 \\ 12,24 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,205 \\ 12,30 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,505 \\ 11,87 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,29 \\ 11,62 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 11,57 \\ 12,37 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3642	6975	6766	3664
Schwingungszeit	1,7200556	0,9992439	0,9992958	1,7200871
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,209	9 ^R ,455	9 ^R ,467	9 ^R ,219
Länge der Toise	863 ^L ,9534	—	—	863 ^L ,9572
Constante F	440,6512	440,6512	440,6512	440,6512
Corr. für die Temperatur	+ 0,0607	+ 0,0624	+ 0,0617	+ 0,0631
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 0,8306	— 0,8528	— 0,8539	— 0,8315
Gemessene Länge	1303,8389	439,8622	439,8604	1303,8442
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,1766	440,1437	440,1894	1304,2244
Zusammensetzung	+ 0,1726	— 0,1450	— 0,1450	+ 0,1726
Red. auf das Vac.	— 0,2817	— 0,0950	— 0,0955	— 0,2831
Berechnete Länge	1304,0675	439,9037	439,9489	1304,1139
Unterschied	+ 0 ^L ,2286	+ 0 ^L ,0415	+ 0 ^L ,0885	+ 0 ^L ,2697
	— 0,2800 <i>k</i>	— 0,0944 <i>k'</i>	— 0,0949 <i>k'</i>	— 0,2813 <i>k</i>

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0,2491 - 0,2807 \text{ } k + 2,9580 . \varepsilon \\ \text{kurzes } \text{ } 0 = + 0,0650 - 0,0947 \text{ } k' + 0,9983 . \varepsilon \end{array} \right.$

9^{te} Bestimmung. Marmor.

Lage des Hohlcyllinders	I I	I I	I I
St. Z. des Versuchs	Mai 27. 2 ^h 55'	Mai 28. 6 ^h 40'	Mai 28. 9 ^h 44'
Barometerstand	336 ^L ,60. 17,3	336 ^L ,10. 18,3	336 ^L ,50. 18,4
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,345 \\ 16,015 \\ 16,565 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,26 \\ 16,93 \\ 17,60 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,42 \\ 16,065 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,45 \\ 17,155 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	2650	2636	5827
Schwingungszeit	1 ^h ,7198687	1 ^h ,7199054	0 ^h ,9992316
Schraube des Fühlhebels	14 ^R ,174	14 ^R ,152	11 ^R ,075
Länge der Toise	863 ^L ,9989	864 ^L ,0065	—
Constante F	440,6506	440,6506	440,6506
Corr. für die Temperatur	+ 0,0838	+ 0,0877	+ 0,0892
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0042	+ 0,0014
Gemessener Unterschied	— 1,2785	— 1,2765	— 0,9991
Gemessene Länge	1303,4590	1303,4725	439,7421
440 ^L ,81 tt	1303,8932	1303,9489	440,1328
Zusammensetzug	+ 0,2614	+ 0,2614	— 0,1636
Reduct. auf das Vac.	— 0,3995	— 0,3980	— 0,1349
Berechnete Länge	1303,7551	1303,8123	439,8343
Unterschied	+ 0 ^L ,2961	+ 0 ^L ,3398	+ 0 ^L ,0922
	— 0,3933 k	— 0,3917 k	— 0,1323 k'

9^{te} Bestimmung. Marmor.

Lage des Hohlcyinders	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.	Langes Pendel.
St. Z. des Versuchs	II	II	II
	Mai 29. 6 ^h 42'	Mai 29. 9 ^h 19'	Mai 29. 2 ^h 10'
Barometerstand	337 ^L ,25. 18,8	337 ^L ,31. 18,9	337 ^L ,38. 18' 0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,595 \\ 17,24 \\ 17,965 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,96 \\ 17,51 \\ 18,165 \end{array} \right.$
			$\left\{ \begin{array}{l} 16,305 \\ 16,975 \\ 17,72 \end{array} \right.$
			$\left\{ \begin{array}{l} 16,34 \\ 17,97 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,63 \\ 17,05 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,05 \\ 18,53 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	6995	2642	2676
Schwingungszeit	0,9992254	1,7199090	1,7199244
Schraube des Fühlhebels	11 ^R ,040	14 ^R ,224	14 ^R ,188
Länge der Toise	—	864 ^L ,0158	864 ^L ,0109
Constante <i>F</i>	440,6506	440,6506	440,6506
Corr. für die Temperatur	+ 0,0910	+ 0,0928	+ 0,0895
Elast. des Fadens	+ 0,0014	+ 0,0042	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 0,9958	— 1,2830	— 1,2798
Gemessene Länge	439,7472	1303,4804	1303,4754
440 ^L ,81 <i>tt</i>	440,1274	1303,9543	1303,9777
Zusammensetzung	— 0,1636	+ 0,2614	+ 0,2614
Reduct. auf das Vac.	— 0,1345	— 0,3980	— 0,3992
Berechnete Länge	439,8293	1303,8177	1303,8399
Unterschied	+ 0 ^L ,0821	+ 0 ^L ,3373	+ 0 ^L ,3645
	— 0,1325 <i>k'</i>	— 0,3918 <i>k</i>	— 0,3930 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0,3344 - 0,3925 \text{ } k + 2,9571 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \text{ } 0 = + 0,0873 - 0,1324 \text{ } k' + 0,9981 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

10^{te} Bestimmung. Thon.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Mai 30. 7 ^h 40'	Mai 30. 1 ^h 59'	Mai 30. 4 ^h 0'	Mai 31. 3 ^h 25'
Barometerstand	337 ^L ,29. 19°,0	336 ^L ,96. 19°,0	336 ^L ,77. 19°,8	337 ^L ,72. 18°,9
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,105 \\ 17,655 \\ 18,34 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,30 \\ 18,045 \\ 18,66 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,69 \\ 18,31 \\ 18,98 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 17,30 \\ 18,02 \\ 18,73 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 17,33 \\ 18,93 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,165 \\ 18,675 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,37 \\ 18,205 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,73 \\ 18,59 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 18,93 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2135 \\ 2146 \end{array} \right.$	4650	4705	$\left\{ \begin{array}{l} 2157 \\ 2128 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7198429	0 ^{''} ,9992323	0 ^{''} ,9992122	1 ^{''} ,7198701
Schraube des Fühlhebels	16 ^R ,108	11 ^R ,630	11 ^R ,636	16 ^R ,161
Länge der Toise	864 ^L ,0174	—	—	864 ^L ,0213
Constante <i>F</i>	440,6469	440,6469	440,6469	440,6469
Corr. für die Temperatur	+ 0,0936	+ 0,0951	+ 0,0970	+ 0,0950
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,4529	— 1,0490	— 1,0496	— 1,4577
Gemessene Länge	1303,3092	439,6944	439,6957	1303,3097
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,8541	440,1334	440,1157	1303,8953
Zusammensetzung	+ 0,3225	— 0,1638	— 0,1638	+ 0,3225
Red. auf das Vac.	— 0,4749	— 0,1601	— 0,1598	— 0,4750
Berechnete Länge	1303,7017	439,8095	439,7921	1303,7428
Unterschied	+ 0 ^L ,3925	+ 0 ^L ,1151	+ 0 ^L ,0964	+ 0 ^L ,4331
	— 0,4647 <i>k</i>	— 0,1567 <i>k'</i>	— 0,1564 <i>k'</i>	— 0,4649 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,4128 - 0^L,4648 \text{ } k + 2,9568 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad 0 = + 0,1058 - 0,1566 \text{ } k' + 0,9981 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

11^{te} Bestimmung. Wasser.

	Langes Pendel.	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	I
St. Z. des Versuchs	Juni 1. 9 ^h 11'	Juni 2. 8 ^h 10'	Juni 2. 10 ^h 26'
Barometerstand	337 ^L ,45. 19°,8	338 ^L ,78. 19°,2	339 ^L ,00. 19°,3
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$ 18,075	17,685	17,835
	18,775	18,26	18,43
	19,795	18,755	18,905
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$ 18,18	17,68	17,82
	19,885	18,87	18,575
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 1642 \\ 1689 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1653 \\ 1635 \end{array} \right.$	4738
Schwingungszeit	1 ^h ,7198116	1 ^h ,7198600	0 ^h ,9991973
Schraube des Fühlhebels	18 ^R ,142	17 ^R ,960	12 ^R ,375
Länge der Toise	864 ^L ,0308	864 ^L ,0224	—
Constante <i>F</i>	440,6466	440,6367	440,6367
Corr. für die Temperatur	+ 0,0992	+ 0,0968	+ 0,0979
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0042	+ 0,0014
Gemessener Unterschied	— 1,6364	— 1,6200	— 1,1162
Gemessene Länge	1303,1444	1303,1401	439,6198
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,8066	1303,8800	440,1026
Zusammensetzung	+ 0,4113	+ 0,4113	— 0,1651
Reduct. auf das Vac.	— 0,5855	— 0,5890	— 0,1988
Berechnete Länge	1303,6324	1303,7023	439,7387
Unterschied	+ 0 ^L ,4880	+ 0 ^L ,5622	+ 0 ^L ,1189
	— 0,5678 <i>k</i>	— 0,5711 <i>k</i>	— 0,1929 <i>k'</i>

11^{te} Bestimmung. Wasser.

	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	II	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 3. 8 ^h 6'	Juni 3. 10 ^h 14'	Juni 3. 2 ^h 43'
Barometerstand	337 ^L ,75. 19°,0	337 ^L ,83. 19°,2	338 ^L ,00. 18°,6
Temperat. des Apparats	$\left. \begin{matrix} e' \\ e'' \\ e''' \end{matrix} \right\}$		
	17°,615	17°,91	17°,275
	18,285	18,505	17,85
Temperatur der Luft.	$\left. \begin{matrix} l' \\ l'' \end{matrix} \right\}$		
	19,18	19,105	18,34
	17,575	17,845	17,175
	18,465	19,295	18,56
Zahl der Schwingungen	4761	$\left. \begin{matrix} 1660 \\ 1631 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 1642 \\ 1631 \end{matrix} \right\}$
Schwingungszeit	0",9991928	1",7198089	1",7198301
Schraube des Fühlhebels	12 ^R ,390	18 ^R ,355	18 ^R ,339
Länge der Toise	—	864 ^L ,0258	864 ^L ,0183
Constante <i>F</i>	440,6367	440,6367	440,6367
Corr. für die Temperatur	+ 0,0966	+ 0,0981	+ 0,0946
Elast. des Fadens	+ 0,0014	+ 0,0042	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,1176	— 1,6556	— 1,6542
Gemessene Länge	439,6171	1303,1092	1303,0996
440 ^L ,81 <i>tt</i>	439,0987	1303,8025	1303,8347
Zusammensetzung	— 0,1651	+ 0,4113	+ 0,4113
Reduct. auf das Vac.	— 0,1982	— 0,5867	— 0,5889
Berechnete Länge	439,7354	1303,6271	1303,6571
Unterschied	+ 0 ^L ,1183	+ 0 ^L ,5179	+ 0 ^L ,5575
	— 0,1924 <i>k'</i>	— 0,5693 <i>k</i>	— 0,5713 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \quad 0 = + 0^L,5314 - 0^L,5699 \, k + 2,9565 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes} \quad \text{»} \quad 0 = + 0,1186 - 0,1927 \, k' + 0,9979 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

12^{te} Bestimmung. Messing I.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 5. 10 ^h 20'	Juni 6. 7 ^h 47'	Juni 6. 10 ^h 20'	Juni 6. 2 ^h 52'
Barometerstand	334 ^L ,40. 20,0	336 ^L ,20. 19,6	336 ^L ,10. 20,0	336 ^L ,14. 19,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,98 \\ 18,53 \\ 18,98 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,25 \\ 18,75 \\ 19,155 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,785 \\ 18,31 \\ 18,73 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,955 \\ 18,70 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,245 \\ 18,895 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,675 \\ 18,84 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	3665	6554	7143	3704
Schwingungszeit	1,7201367	0,9993402	0,9991918	1,7200746
Schraube des Fühlhebels	9 ^N ,343	9 ^N ,411	9 ^N ,429	9 ^N ,387
Länge der Toise	864 ^L ,0279	—	—	864 ^L ,0225
Constante F	440,6359	440,6359	440,6359	440,6359
Corr. für die Temperatur	+ 0,1003	+ 0,0984	+ 0,0998	+ 0,0973
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 0,8427	— 0,8489	— 0,8505	— 0,8464
Gemessene Länge	1303,9256	439,8868	439,8866	1303,9135
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,2995	440,2285	440,0978	1304,2054
Zusammensetzung	+ 0,1853	— 0,1222	— 0,1222	+ 0,1853
Red. auf das Vac.	— 0,2811	— 0,0955	— 0,0953	— 0,2832
Berechnete Länge	1304,2037	440,0108	439,8803	1304,1075
Unterschied	+ 0 ^L ,2781	+ 0 ^L ,1240	+ 0 ^L ,0063	+ 0 ^L ,1940
	— 0,2791 <i>k</i>	— 0,0949 <i>k'</i>	— 0,0947 <i>k'</i>	— 0,2813 <i>k</i>

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0,2361 - 0,2802 \text{ } k + 2,9581 . \epsilon \\ \text{kurzes } \text{ } \text{ } 0 = + 0,0589 - 0,0948 \text{ } k' + 0,9983 . \epsilon \end{array} \right.$

13^{te} Bestimmung. Messing III.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 7. 8 ^h 24'	Juni 7. 2 ^h 44'	Juni 8. 8 ^h 14'	Juni 9. 9 ^h 9'
Barometerstand	336 ^L ,06. 19,6	336 ^L ,30. 17,9	336 ^L ,64. 18,0	338 ^L ,41. 17,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$ 18,25	17,13	17,255	16,60
	18,70	17,63	17,75	17,145
	19,18	18,14	18,24	17,62
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$ 18,205	17,065	17,175	16,505
	19,18	17,665	17,775	17,675
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2146 \\ 2128 \end{array} \right.$	4567	5019	$\left\{ \begin{array}{l} 2138 \\ 2178 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1,7198699	0,9992620	0,9991045	1,7197638
Schraube des Fühlhebels	17 ^R ,632	12 ^R ,164	12 ^R ,169	17 ^R ,697
Länge der Toise	864 ^L ,0267	—	—	864 ^L ,0110
Constante <i>F</i>	440,6378	440,6378	440,6378	440,6378
Corr. für die Temperatur	+ 0,0997	+ 0,0937	+ 0,0946	+ 0,0909
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Untersch.	— 1,5904	— 1,0972	— 1,0976	— 1,5963
Gemessene Länge	1303,1780	439,6357	439,6362	1303,1476
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,8950	440,1596	440,0209	1303,7342
Zusammensetzung	+ 0,3899	— 0,1338	— 0,1338	+ 0,3899
Red. auf das Vac.	— 0,5434	— 0,1844	— 0,1845	— 0,5506
Berechnete Länge	1303,7415	439,8414	439,7026	1303,5735
Unterschied	+ 0 ^L ,5635	+ 0 ^L ,2059	+ 0 ^L ,0664	+ 0 ^L ,4259
	— 0,5286 <i>k</i>	— 0,1795 <i>k'</i>	— 0,1796 <i>k'</i>	— 0,5356 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel} \\ \text{kurzes } \text{''} \end{array} \right. \begin{array}{l} 0 = + 0^L,4947 - 0^L,5321 *k* + 2,9565 . \epsilon \\ 0 = + 0,1362 - 0,1796 *k'* + 0,9980 . \epsilon \end{array}$$

14^{te} Bestimmung. Quarz.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 10. 8 ^h 39'	Juni 10. 11 ^h 10'	Juni 10. 2 ^h 38'	Juni 10. 5 ^h 12'
Barometerstand	338 ^L ,43. 16°0	338 ^L ,27. 15°8	336 ^L ,44. 14°9	336 ^L ,80. 15°1
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,54 \\ 15,88 \\ 16,335 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,56 \\ 15,755 \\ 16,36 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 14,725 \\ 15,13 \\ 15,42 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 14,96 \\ 15,21 \\ 15,495 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,465 \\ 16,42 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,49 \\ 15,98 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 14,63 \\ 15,015 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 14,81 \\ 15,69 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2103 \\ 2114 \end{array} \right.$	5308	5318	$\left\{ \begin{array}{l} 2134 \\ 2134 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7199294	0 ^{''} ,9993931	0 ^{''} ,9990196	1 ^{''} ,7197098
Schraube des Fühlhebels	16 ^R ,910	11 ^R ,826	11 ^R ,869	16 ^R ,919
Länge der Toise	863 ^L ,9974	—	—	863 ^L ,9903
Constante F	440,6375	440,6375	440,6375	440,6375
Corr. für die Temperatur	+ 0,0848	+ 0,0851	+ 0,0805	+ 0,0814
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Untersch.	— 1,5253	— 1,0667	— 1,0707	— 1,5261
Gemessene Länge	1303,1986	439,6573	439,6487	1303,1873
440 ^L ,81 tt	1303,9853	440,2751	439,9462	1303,6523
Zusammensetzung	+ 0,3499	— 0,1644	— 0,1644	+ 0,3499
Red. auf das Vac.	— 0,5149	— 0,1738	— 0,1733	— 0,5135
Berechnete Länge	1303,8183	439,9369	439,6085	1303,4887
Unterschied	+ 0 ^L ,6197	+ 0 ^L ,2796	— 0 ^L ,0402	+ 0 ^L ,3014
	— 0,5023 k	— 0,1696 k'	— 0,1692 k'	— 0,5005 k

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,4606 - 0^L,5014 k + 2,9565 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad 0 = + 0,1197 - 0,1694 k' + 0,9980 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

15^{te} Bestimmung. Wasser.

	Langes Pendel.	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	I	I	I
St. Z. des Versuchs	Juni 22. 9 ^h 33'	Juni 22. 11 ^h 43'	Juni 23. 8 ^h 57'
Barometerstand	337 ^L ,68. 20°,2	337 ^L ,64. 19°,9	337 ^L ,00. 20°,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18°,005 \\ 18°,125 \\ 18°,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18°,005 \\ 18°,555 \\ 19°,105 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,135 \\ 18,23 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,095 \\ 18,725 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 1637 \\ 1666 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1713 \\ 1713 \end{array} \right.$	4635
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7195945	1 ^{''} ,7195997	0 ^{''} ,9988114
Schraube des Fühlhebels	21 ^R ,976	21 ^R ,972	16 ^R ,008
Länge der Toise	864 ^L ,0258	864 ^L ,0267	—
Constante <i>F</i>	440,6393	440,6393	440,6393
Corr. für die Temperatur	+ 0,0984	+ 0,0991	+ 0,0985
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0042	+ 0,0014
Gemessener Unterschied	— 1,9822	— 1,9819	— 1,4439
Gemessene Länge	1302,7855	1302,7874	439,2953
440 ^L ,81 <i>z</i>	1303,4775	1303,4854	439,7627
Zusammensetzung	+ 0,4104	+ 0,4104	— 0,1655
Reduct. auf das Vac.	— 0,5851	— 0,5849	— 0,1971
Berechnete Länge	1303,3028	1303,3109	439,4001
Unterschied	+ 0 ^L ,5173	+ 0 ^L ,5235	+ 0 ^L ,1048
	— 0,5676 <i>k</i>	— 0,5673 <i>k</i>	— 0,1913 <i>k'</i>

15^{te} Bestimmung. Wasser.

	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	II	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 23. 11 ^h 25'	Juni 24. 9 ^h 8'	Juni 24. 11 ^h 9'
Barometerstand	336 ^L ,97. 20°,1	337 ^L ,70. 19°,5	337 ^L ,86. 19°,3
Temperat. des Apparats	$\left. \begin{matrix} e' \\ e'' \\ e''' \end{matrix} \right\}$ 18°,34	18°,175	18°,29
	18, 82	18, 68	18, 72
	19, 28	19, 105	19, 18
Temperatur der Luft.	$\left. \begin{matrix} l' \\ l'' \end{matrix} \right\}$ 18, 37	18, 205	18, 23
	19, 02	19, 26	19, 235
Zahl der Schwingungen	4697	$\left. \begin{matrix} 1695 \\ 1648 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 1626 \\ 1695 \end{matrix} \right\}$
Schwingungszeit	0",9987951	1",7196066	1",7195993
Schraube des Fühlhebels	15 ^R ,977	21 ^R ,907	21 ^R ,896
Länge der Toise	—	864 ^L ,0262	864 ^L ,0268
Constante F	440, 6393	440, 6393	440, 6393
Corr. für die Temperatur	+ 0, 1002	+ 0, 0993	+ 0, 0998
Elast. des Fadens	+ 0, 0014	+ 0, 0042	+ 0, 0042
Gemessener Unterschied	— 1, 4411	— 1, 9760	— 1, 9750
Gemessene Länge	439, 2998	1302, 7930	1302, 7951
440 ^L ,81 tt	439, 7483	1303, 4958	1303, 4848
Zusammensetzung	— 0, 1655	+ 0, 4104	+ 0, 4104
Reduct. auf das Vac.	— 0, 1969	— 0, 5851	— 0, 5854
Berechnete Länge	439, 3859	1303, 3211	1303, 3098
Unterschied	+ 0 ^L ,0861	+ 0 ^L ,5281	+ 0 ^L ,5147
	— 0, 1911 k'	— 0, 5675 k	— 0, 5678 k

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,5209 - 0^L,5675 k + 2,9557 . \varepsilon \\ \text{kurzes } \text{ » } 0 = + 0, 0954 - 0, 1912 k' + 0,9971 . \varepsilon \end{array} \right.$

16^{te} Bestimmung. Messing III.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	I	I	II	II
St. Z. des Versuchs	Juni 24. 4 ^h 36'	Juni 25. 9 ^h 20'	Juni 26. 10 ^h 11'	Juni 27. 10 ^h 51'
Barometerstand	338 ^L ,95. 18 ^o ,3	339 ^L ,05. 18 ^o ,8	339 ^L ,91. 19 ^o ,2	339 ^L ,40. 20 ^o ,3
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,30 \\ 17,87 \\ 18,115 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,98 \\ 18,48 \\ 18,93 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,635 \\ 19,19 \\ 19,67 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,315 \\ 18,365 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,65 \\ 18,14 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,01 \\ 18,60 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2195 \\ 2195 \end{array} \right.$	5791	5001	$\left\{ \begin{array}{l} 2140 \\ 2140 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1 ^{''} ,7196575	0 ^{''} ,9988985	0 ^{''} ,9987167	1 ^{''} ,7195591
Schraube des Fühlhebels	21 ^R ,150	15 ^R ,698	15 ^R ,723	21 ^R ,101
Länge der Toise	864 ^L ,0163	—	—	864 ^L ,0317
Constante <i>F</i>	440,6388	440,6388	440,6388	440,6388
Corr. für die Temperatur	+ 0,0933	+ 0,0972	+ 0,0983	+ 0,1019
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Unterschied	— 1,9077	— 1,4160	— 1,4182	— 1,9033
Gemessene Länge	1302,8439	439,3214	439,3203	1302,8733
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1303,5730	439,8394	439,6793	1303,4238
Zusammensetzung	+ 0,3896	— 0,1342	— 0,1342	+ 0,3896
Red. auf das Vac.	— 0,5497	— 0,1854	— 0,1856	— 0,5477
Berechnete Länge	1303,4129	439,5198	439,3595	1303,2657
Unterschied	+ 0 ^L ,5690	+ 0 ^L ,1984	+ 0 ^L ,0392	+ 0 ^L ,3924
	— 0,5348 <i>k</i>	— 0,1804 <i>k'</i>	— 0,1806 <i>k'</i>	— 0,5329 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,4807 - 0^L,5339 \text{ } k + 2,9558 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad \quad 0 = + 0,1188 - 0,1805 \text{ } k' + 0,9972 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

17^{te} Bestimmung. Messing III.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I II	I II	II	II
St.Z. des Versuchs	Juni 27. 4 ^h 59'	Juni 28. 9 ^h 21'	Juni 28. 11 ^h 45'	Juni 29. 4 ^h 22'
Barometerstand	338 ^L ,33. 19°0	338 ^L ,40. 19°6	338 ^L ,11. 19°3	337 ^L ,48. 19°3
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,76 \\ 18,185 \\ 18,83 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,25 \\ 18,65 \\ 19,28 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,32 \\ 18,72 \\ 19,18 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 17,81 \\ 18,235 \\ 18,585 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 17,76 \\ 18,23 \\ 18,245 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,76 \\ 19,00 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,23 \\ 18,77 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,245 \\ 18,785 \end{array} \right.$
				$\left\{ \begin{array}{l} 17,815 \\ 18,90 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2177 \\ 2177 \end{array} \right.$	4342	5006	$\left\{ \begin{array}{l} 2187 \\ 2158 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1 ^h ,7196597	0 ^h ,9988985	0 ^h ,9987117	1 ^h ,7195691
Schraube des Fühlhebels	21 ^R ,169	15 ^R ,707	15 ^R ,741	21 ^R ,134
Länge der Toise	864 ^L ,0226	—	—	864 ^L ,0213
Constante F	440,6384	440,6384	440,6384	440,6384
Corr. für die Temperatur	+ 0,0970	+ 0,0996	+ 0,0999	+ 0,0972
Elast. des Fadens	+ 0,0042	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0042
Gemessener Untersch.	— 1,9094	— 1,4168	— 1,4198	— 1,9062
Gemessene Länge	1302,8528	439,3226	439,3199	1302,8549
440 ^L ,81 tt	1303,5763	439,8394	439,6749	1303,4390
Zusammensetzung	+ 0,3896	— 0,1342	— 0,1342	+ 0,3896
Red. auf das Vac.	— 0,5478	— 0,1846	— 0,1844	— 0,5464
Berechnete Länge	1303,4181	439,5206	439,3563	1303,2822
Unterschied	+ 0 ^L ,5653	+ 0 ^L ,1980	+ 0 ^L ,0364	+ 0 ^L ,4273
	— 0,5329 k	— 0,1797 k'	— 0,1795 k'	— 0,5318 k

Mittel..... $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0,4963 - 0,5324 k + 2,9558 . \epsilon \\ \text{kurzes } \text{ » } 0 = + 0,1172 - 0,1796 k' + 0,9972 . \epsilon \end{array} \right.$

13^{te} Bestimmung. Messing III.

	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	II	II	I	I
St. Z. des Versuchs	Juli 1. 4 ^h 12'	Juli 2. 10 ^h 26'	Juli 2. 12 ^h 42'	Juli 3. 10 ^h 31'
Barometerstand	334 ^L ,68. 19°,9	334 ^L ,64. 20°,9	334 ^L ,66. 21°,0	336 ^L ,50. 21°,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$			
	18°,83	19°,315	19°,46	19°,265
	19,24	19,705	19,95	19,73
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \\ l''' \end{array} \right.$			
	19,625	20,145	20,295	20,17
	18,76	19,29	19,48	19,23
	19,79	19,925	20,125	20,435
Zahl der Schwingungen	$\left\{ \begin{array}{l} 2143 \\ 2172 \end{array} \right.$	4881	3575	$\left\{ \begin{array}{l} 2191 \\ 2191 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	1",7203913	0",9995625	0",9997446	1",7205070
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,381	7 ^R ,0025	7 ^R ,6935	9 ^R ,3565
Länge der Toise	864 ^L ,0317	—	—	864 ^L ,0369
Constante <i>F</i>	440,6387	440,6387	440,6387	440,6387
Corr. für die Temperatur	+ 0,1027	+ 0,1053	+ 0,1063	+ 0,1052
Elast. des Fadens	+ 0,0069	+ 0,0023	+ 0,0023	+ 0,0069
Gemessener Untersch.	— 0,8462	— 0,6948	— 0,6940	— 0,8440
Gemessene Länge	1303,9338	440,0515	440,0533	1303,9437
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,6857	440,4244	440,5848	1304,8612
Zusammensetzung	+ 0,2012	— 0,1543	— 0,1543	+ 0,2012
Red. auf das Vac.	— 0,5418	— 0,1821	— 0,1821	— 0,5426
Berechnete Länge	1304,3451	440,0880	440,2484	1304,5198
Unterschied	+ 0 ^L ,4113	+ 0 ^L ,0365	+ 0 ^L ,1951	+ 0 ^L ,5761
	— 0,5261 <i>k</i>	— 0,1773 <i>k'</i>	— 0,1772 <i>k'</i>	— 0,5280 <i>k</i>

$$\text{Mittel} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,4937 - 0^L,5271 \, k + 2,9587 \cdot \varepsilon \\ \text{kurzes } \quad \quad \quad 0 = + 0,1158 - 0,1773 \, k' + 0,9989 \cdot \varepsilon \end{array} \right.$$

19^{te} Bestimmung. Wasser.

	Langes Pendel.	Langes Pendel.	Kurzes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	I	I	I
St. Z. des Versuchs	Juli 4. 9 ^h 31'	Juli 4. 11 ^h 31'	Juli 4. 4 ^h 30'
Barometerstand	338 ^L ,33. 21,3	338 ^L ,27. 21,7	338 ^L ,54. 21,0
Temperat. des Apparats	$\left. \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,61 \\ 20,095 \\ 20,42 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,88 \\ 20,34 \\ 20,765 \end{array} \right\}$
			$\left. \begin{array}{l} 19,805 \\ 20,34 \\ 20,91 \end{array} \right\}$
			$\left. \begin{array}{l} 19,79 \\ 19,955 \\ 20,755 \end{array} \right\}$
Temperatur der Luft	$\left. \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,875 \\ 20,51 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,955 \\ 21,165 \end{array} \right\}$
			$\left. \begin{array}{l} 20,755 \\ 21,165 \end{array} \right\}$
Zahl der Schwingungen	$\left. \begin{array}{l} 1642 \\ 1711 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1642 \\ 1642 \end{array} \right\}$	4674
Schwingungszeit	1 ^h ,7204430	1 ^h ,7204375	0 ^h ,9996556
Schraube des Fühlhebels	10 ^R ,384	10 ^R ,345	8 ^R ,044
Länge der Toise	864 ^L ,0399	864 ^L ,0429	—
Constante F	440,6386	440,6386	440,6386
Corr. für die Temperatur	+ 0,1071	+ 0,1085	+ 0,1082
Elast. des Fadens	+ 0,0069	+ 0,0069	+ 0,0023
Gemessener Unterschied	— 0,9366	— 0,9331	— 0,7256
Gemessene Länge	1303,8559	1303,8638	440,0235
440 ^L ,81 <i>tt</i>	1304,7642	1304,7558	440,5064
Zusammensetzung	+ 0,2084	+ 0,2084	— 0,1871
Reduct. auf das Vac.	— 0,5835	— 0,5830	— 0,1971
Berechnete Länge	1304,3891	1304,3812	440,1222
Unterschied	+ 0 ^L ,5332	+ 0 ^L ,5174	+ 0 ^L ,0987
	— 0,5661 <i>k</i>	— 0,5657 <i>k</i>	— 0,1901 <i>k'</i>

19^{te} Bestimmung. Wasser.

	Kurzes Pendel.	Langes Pendel.	Langes Pendel.
Lage des Hohlcyinders	II	II	II
St. Z. des Versuchs	Juli 4. 6 ^h 15'	Juli 5. 4 ^h 38'	Juli 6. 11 ^h 8'
Barometerstand	338 ^L ,52. 21,7	336 ^L ,96. 23,0	336 ^L ,34. 24,3
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$		
	20,10	20,98	21,865
	20,515	21,58	22,485
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$		
	21,06	22,225	23,24
	20,18	21,10	21,96
	20,815	22,655	23,84
Zahl der Schwingungen	4677	$\left\{ \begin{array}{l} 1613 \\ 1653 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1653 \\ 1693 \end{array} \right.$
Schwingungszeit	0,9996498	1,7204445	1,7204574
Schraube des Fühlhebels	8 ^R ,029	10 ^R ,328	10 ^R ,319
Länge der Toise	—	864 ^L ,0568	864 ^L ,0665
Constante <i>F</i>	440,6386	440,6386	440,6386
Corr. für die Temperatur	+ 0,1096	+ 0,1147	+ 0,1195
Elast. des Fadens	+ 0,0023	+ 0,0069	+ 0,0069
Gemessener Unterschied	— 0,7242	— 0,9316	— 0,9308
Gemessene Länge	440,0263	1303,8854	1303,9007
440 ^L ,81 <i>tt</i>	440,5013	1304,7664	1304,7860
Zusammensetzung	— 0,1871	+ 0,2084	+ 0,2084
Reduct. auf das Vac.	— 0,1969	— 0,5784	— 0,5755
Berechnete Länge	440,1173	1304,3964	1304,4189
Unterschied	+ 0 ^L ,0910	+ 0 ^L ,5110	+ 0 ^L ,5182
	— 0,1898 <i>k'</i>	— 0,5612 <i>k</i>	— 0,5584 <i>k</i>

Mittel $\left\{ \begin{array}{l} \text{langes Pendel } 0 = + 0^L,5200 - 0^L,5629 k + 2,9596 . \varepsilon \\ \text{kurzes } \text{ " } 0 = + 0,0949 - 0,1900 k' + 0,9989 . \varepsilon \end{array} \right.$

20^{te} Bestimmung. Messing IV.

	Kurzes Pendel. II	Kurzes Pendel. I
Lage des Hohlcyllinders		
St. Z. des Versuchs	Juli 7. 9 ^h 53'	Juli 7. 11 ^h 21'
Barometerstand	337 ^L , 21. 22, 8	337 ^L , 27. 22, 7
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21, 645 \\ 21, 985 \\ 22, 89 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21, 625 \\ 22, 39 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	2693	2671
Schwingungszeit	0 ^{''} , 9997312	0 ^{''} , 9997517
Schraube des Fühlhebels	9 ⁿ , 229	9 ⁿ , 259
Constante <i>F</i>	440 ^L , 6397	440 ^L , 6397
Corr. für die Temperatur	+ 0, 1183	+ 0, 1183
Elast. des Fadens	+ 0, 0023	+ 0, 0023
Gemessener Unterschied	— 0, 8325	— 0, 8352
Gemessene Länge	439, 9278	439, 9251
440 ^L , 81 <i>tt</i>	440, 5730	440, 5911
Zusammensetzung	— 0, 1974	— 0, 1974
Reduct. auf das Vac.	— 0, 2723	— 0, 2724
Berechnete Länge	440, 1033	440, 1213
Unterschied	+ 0 ^L , 1755	+ 0 ^L , 1962
	— 0, 2596 <i>k'</i>	— 0, 2597 <i>k'</i>

Mittel. . . . Kurzes Pendel 0 = + 0^L, 1859 — 0^L, 2597 *k'* + 0, 9989 . *e*

21^{ste} Bestimmung. Messing IV.

	Kurzes Pendel.	Kurzes Pendel.
Lage des Hohlcyllinders	I	II
St. Z. des Versuchs	Juli 8. 10 ^h 6'	Juli 8. 11 ^h 41'
Barometerstand	338 ^L ,28. 22°,8	338 ^L ,18. 23°,0
Temperat. des Apparats	$\left\{ \begin{array}{l} e' \\ e'' \\ e''' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21°,03 \\ 21°,60 \\ 22°,175 \end{array} \right.$
Temperatur der Luft	$\left\{ \begin{array}{l} l' \\ l'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21°,045 \\ 21°,81 \end{array} \right.$
Zahl der Schwingungen	2669	2695
Schwingungszeit	0",9997544	0",9997334
Schraube des Fühlhebels	9 ^R ,280	9 ^R ,269
Constante <i>F</i>	440 ^L ,6397	440 ^L ,6397
Corr. für die Temperatur	+ 0,1140	+ 0,1147
Elast. des Fadens	+ 0,0023	+ 0,0023
Gemessener Unterschied	— 0,8371	— 0,8361
Gemessene Länge	439,9189	439,9206
440 ^L ,81 <i>tt</i>	440,5935	440,5750
Zusammensetzung	— 0,1974	— 0,1974
Reduct. auf das Vac.	— 0,2739	— 0,2736
Berechnete Länge	440,1222	440,1040
Unterschied	+ 0 ^L ,2033	+ 0 ^L ,1834
	— 0,2611 <i>k'</i>	— 0,2609 <i>k'</i>

Mittel . . . Kurzes Pendel 0 = + 0^L,1934 — 0^L,2610 *k'* + 0,9989 . ε

8.

Man würde aus jeder der angeführten Bestimmungen, abgesondert von den übrigen, ein Resultat ziehen können, wenn die unbekannten Gröſſen k und k' nicht Einfluß auf dasselbe hätten; um diesen Einfluß eliminiren zu können, muß man Bestimmungen, welche durch leichtere und durch schwerere Pendel erlangt worden sind, miteinander vergleichen. Damit man die Werthe von k und k' bestimmen könne, ohne annehmen zu dürfen, daß die Längen der einfachen Secundenpendel für verschiedene Substanzen gleich seien, sind für eine dieser Substanzen, nämlich Messing, Pendel von verschiedenen Gewichten angewandt worden. Hierdurch wird jeder Zweifel gegen die Richtigkeit der Endresultate beseitigt; allein die Berechnung werde ich so führen, wie sie unter der Voraussetzung, daß alle Substanzen mit welchen experimentirt worden ist, gleiche Beschleunigung durch die Schwere erfahren, geführt werden müßte. Hierdurch wird man erkennen, in wiefern alle Versuche sich durch eine Länge des einfachen Secundenpendels darstellen lassen: eine Annahme dafür wird also mit den Versuchen vereinbar oder unvereinbar sein, jenachdem die übrigbleibenden Unterschiede innerhalb oder außerhalb der Grenze der Genauigkeit der Versuche liegen. Indessen ist ein Grund, den ich später angeben werde, vorhanden, die Bestimmungen, welche für den mit Wasser gefüllten Hohlcyylinder gemacht worden sind, von der Verbindung mit den übrigen auszuschließen.

Unter der Voraussetzung einer Pendellänge für alle Substanzen, können auch die früheren Versuche mit Kugeln von Messing und Elfenbein in die neue Rechnung gezogen werden, wodurch die wahrscheinlichste, aus allen von mir gemachten Versuchen hervorgehende, jener Voraussetzung gemäße Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte, ihr Resultat werden wird. In der That wird durch die neuen Versuche, nicht nur die Wahrheit jener Voraussetzung geprüft, sondern auch, wenn eine von der Natur des schwingenden Körpers unabhängige Pendellänge vorhanden ist, die Sicherheit ihrer Bestimmung vermehrt.

Der Verbindung sämtlicher Versuche miteinander muß die Schätzung ihrer verhältnißmäßigen Sicherheit vorangehen, indem diese, wegen der Verschiedenheit der Anzahl der beobachteten Schwingungen, nicht für alle Versuche gleich ist. Um diese Schätzung zu erlangen, sehe ich die Fehler

der Versuche als aus zwei voneinander unabhängigen Ursachen entstehend an, nämlich aus der Unsicherheit, welche die Beobachtungen der Coincidenzen in der Schwingungszeit des Pendels übrig lassen, und aus einer Unvollkommenheit der Kenntniss des Ganges der Uhr, so wie auch der Messung der Länge des Pendels. Wenn die mittleren Fehler der Länge des Pendels, welche aus jeder dieser Ursachen hervorgehen, durch a und b bezeichnet werden, so ist das Quadrat des mittleren Fehlers eines Versuchs bei welchem beide Ursachen zusammenwirken $= aa + bb$, und des arithmetischen Mittels aus n Versuchen $= \frac{1}{n} (aa + bb)$. Ich werde jetzt angeben, wie ich die Werthe dieser Grösse zu bestimmen gesucht habe.

Der Bestimmung von a sind die im 5^{ten} §. (f. A.) mitgetheilten mittleren Fehler der Beobachtungen beider Pendel zum Grunde gelegt worden; sie sind für die beobachtete Uhrzeit einer bestimmten Schwingung, in Uhrzeit ausgedrückt, für das längere Pendel $= 0,00431$, für das kürzere $= 0,00205$, oder in mittlerer Zeit ausgedrückt $= 0,004299$ und $0,002045$. Wenn diese Fehler durch a bezeichnet werden, so ist, für einen Versuch welcher auf m beobachteten Momenten, jedes von i Schwingungen, beruhet, der aus dieser Ursache entstehende mittlere Fehler der Dauer einer Schwingung

$$= \frac{a}{i} \sqrt{\frac{12}{m-1 \cdot m \cdot m+1}}$$

und er erhält auf die der Schwingungszeit t entsprechende Länge des Pendels den Einfluss:

$$881,62 \cdot t \cdot \frac{a}{i} \sqrt{\frac{12}{m-1 \cdot m \cdot m+1}}$$

Für das längere Pendel kann $t = 1,72$, für das kürzere $t = 1,00$ genommen werden; für jenes ist $i = 500$, für dieses hat es veränderliche Werthe. Man erhält hiernach den Werth von a , für Versuche mit beiden Pendeln:

$$\frac{0,045}{\sqrt{\{m-1 \cdot m \cdot m+1\}}} \text{ und } \frac{6,25}{i \sqrt{\{m-1 \cdot m \cdot m+1\}}}$$

Die Einwirkung der zweiten Ursache habe ich der Länge der Pendel proportional angenommen, denn eine Unsicherheit des Ganges der Uhr wirkt in diesem Verhältnisse, und Fehler der Messungen der Länge, welche fast allein aus unbekannt bleibenden Einwirkungen der Temperatur entstehen können, müssen gleichfalls mit der zu messenden Länge wachsen. Da die

Längen beider Pendel sich im Mittel wie 2,9581 : 1 verhalten, so habe ich b für das längere $= 2,9581 \beta$, für das kürzere $= \beta$ angenommen, und die Gröfse von β aus den Unterschieden, welche sich zwischen den einzelnen Versuchen der 11 früheren Bestimmungen mit der Kugel von Messing finden $= 0,0026167$ abgeleitet.

Ich habe also den Werth von $aa + bb$, oder das Quadrat des mittleren Fehlers eines Versuchs, für

$$\begin{aligned} \text{das längere Pendel} &= 0,000059912 + \frac{0,002025}{m - 1 \cdot m \cdot m + 1} \\ \text{„ kürzere „} &= 0,000006847 + \frac{39,0625}{ii \cdot m - 1 \cdot m \cdot m + 1} \end{aligned}$$

angenommen und die einzelnen Versuche in dem hierdurch gegebenen Verhältnisse zum Resultate stimmen lassen.

Jede der früheren, mit der Kugel von Messing gemachten Bestimmungen beruhet auf 4 Versuchen mit dem längeren Pendel, für welche $m = 9$ ist, und auf 2 Versuchen mit dem kürzeren, für welche $m = 11$ und i im Mittel $= 584$ ist. Den eben gegebenen Formeln zufolge sind die Werthe von $\frac{1}{n} (aa + bb) = 0,000015681$ und $0,000003467$, und die Summe beider, $= 0,000019148$, ist das Quadrat des mittleren Fehlers der aus jeder Bestimmung abgeleiteten Gleichung. — Für die früheren Bestimmungen mit der Kugel von Elfenbein, deren jede auf 4 Versuchen mit dem längeren Pendel, für welche $m = 3$, und auf 4 Versuchen mit dem kürzeren, für welche $m = 5$ und i im Mittel $= 618$ ist, beruhet, erhält man eben so $0,000036072$ und $0,000001925$, und die Summe beider $= 0,000037997$.

Die ähnliche Schätzung des mittleren Fehlers jeder aus den neueren Versuchen abgeleiteten Bedingungsgleichung, beruhet auf folgenden Angaben:

für das längere Pendel

	n	m	$\frac{1}{n} (aa + bb)$
Messing I	2	8	0,000031965
„ II	4	6	17383
„ III	2	2 . 5	34175
Eisen	2	8	31965
Zink	2	8	31965
Blei	2	8	31965

Silber	2	8	31965
Gold	2	8	31965
Meteoreisen	2	8	31965
Meteorstein	4	7	16485
Marmor	4	6	17383
Thon	2	2.5	34175
Quarz	2	2.5	34175

für das kürzere Pendel

		Lage des Hohlcyinders.					$\frac{1}{n} (aa + bb)$
		I		II			
		n	m	i	m	i	
Messing	I	2	7	1092	7	1190	0,000003468
”	II	2	6	1201	6	1291	3484
”	III	2	5	1142	5	1255	3538
		2	5	1448	4	1667	3522
		2	4	1447	4	1669	3560
		2	6	976	5	895	3575
”	IV	2	4	898	4	890	3831
		2	4	898	4	890	3831
Eisen		2	7	1143	7	1180	3467
Zink		2	7	1133	7	1198	3467
Blei		2	7	1145	7	1208	3466
Silber		2	7	1272	7	1053	3468
Gold		2	7	1165	7	1135	3468
Meteoreisen		2	7	1163	7	1128	3468
Meteorstein		2	7	1262	7	1162	3465
Marmor		2	6	1165	7	1166	3480
Thon		2	5	1162	5	1176	3543
Quarz		2	6	1061	5	1330	3511

9.

Die aus den früheren Bestimmungen abgeleiteten Bedingungsgleichungen habe ich, ehe ich sie mit den durch die späteren erlangten in Verbindung gesetzt habe, ein wenig abgeändert; nämlich dadurch, daß ich die Ausdehnung der Toise durch die Wärme, welche früher = 0,0000114, für jeden Centesimalgrad der Temperatur, angenommen wurde, jetzt der oben (§. 2.) mitgetheilten, auf den Pendelversuchen selbst beruhenden Formel gemäß,

vorausgesetzt habe. Die hierdurch veränderten früheren Bedingungsgleichungen sind folgende:

Beobachtungen mit der Kugel von Messing.

$$\begin{array}{l}
 = + 0,1204 - 0,1339 k'' + 1,9594 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1166 - 0,1360 k'' + 1,9594 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1202 - 0,1320 k'' + 1,9595 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1133 - 0,1310 k'' + 1,9595 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1171 - 0,1283 k'' + 1,9596 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1136 - 0,1273 k'' + 1,9596 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1112 - 0,1298 k'' + 1,9596 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1185 - 0,1283 k'' + 1,9597 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1185 - 0,1344 k'' + 1,9594 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1208 - 0,1347 k'' + 1,9595 \cdot \epsilon \\
 = + 0,1142 - 0,1355 k'' + 1,9594 \cdot \epsilon
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Quadrat des} \\ \text{mittleren Fehlers} \\ = 0,000019148 \end{array}$$

Beobachtungen mit der Kugel von Elfenbein.

$$\begin{array}{l}
 0 = + 0,5644 - 0,6041 k'' + 1,9596 \cdot \epsilon \\
 = + 0,5775 - 0,6080 k'' + 1,9596 \cdot \epsilon \\
 = + 0,5878 - 0,6236 k'' + 1,9599 \cdot \epsilon \\
 = + 0,5662 - 0,6179 k'' + 1,9599 \cdot \epsilon
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Quadrat des} \\ \text{mittleren Fehlers} \\ = 0,000037997 \end{array}$$

Den aus den neueren Versuchen abgeleiteten Bedingungsgleichungen für beide Pendel (§. 7.) habe ich noch eine unbekannte Gröfse — x hinzugefügt, in der Absicht, dadurch die Fehler zu verbessern, welche in der Bestimmung der absoluten Pendellänge übrig geblieben sein können. Der Apparat selbst giebt nur den Unterschied der Längen verschiedener Pendel an; um die Längen selbst zu erhalten, haben nicht nur die Länge der Meßstange (§. 2.) und die Entfernung des Mittelpunkts des Hohlcyinders von seiner Spitze (§. 3.) gemessen werden müssen, sondern man muß auch annehmen, daß der Mittelpunkt der Bewegung des Pendels genau in der Ebene liegt, auf welcher die Schneide ruhet. Obgleich die beiden Messungen durch möglichst vorsichtige Anwendung der zu Gebote stehenden Mittel erlangt worden sind, so bin ich doch weit entfernt, sie für so genau zu halten, wie die Messungen der Unterschiede, welche der Pendelapparat selbst ergiebt; ferner bleibt, nach den in meiner früheren Abhandlung mitgetheilten Bemerkungen, der Mittelpunkt der Bewegung des Pendels stets mehr

oder weniger zweifelhaft. Durch die Hinzufügung einer unbekannten Verbesserung x zu den in die Bedingungsgleichungen eingeführten absoluten Längen der Pendel, werden die Fehler der Messung dieser Längen und der Zweifel über den Mittelpunkt der Bewegung unschädlich, und man erhält, indem man die hinzugefügte unbekannte Gröfse, durch Vergleichung der Beobachtungen mit beiden Pendeln, wieder aus der Rechnung schafft, die Länge des einfachen Sekundenpendels, aus den späteren Versuchen eben so unabhängig von den absoluten Längen und dem Mittelpunkte der Bewegung der Pendel, wie die früheren sie ergeben haben. Die Einführung der absoluten Längen in die Angabe der Versuche hat also keinen anderen Erfolg als den im 1^{ten} §. angegebenen, nämlich dafs sie die Übereinstimmung der Versuche mit beiden Pendeln controlirt und die Bestimmung der Einwirkung der Luft auf jedes derselben abgesondert möglich macht.

Beobachtungen mit dem längeren Pendel.

Bestimmung	Substanz		Quadrat des mittl. Fehlers
12	Messing I	$0 = + 0^L,2361 - 0^L,2802 k + 2,9581 \varepsilon - x$	0,000031965
7	» II	$= + 0,3965 - 0,4165 k + 2,9568 \varepsilon - x$	17383
13	» III	$= + 0,4947 - 0,5321 k + 2,9565 \varepsilon - x$	34175
16		$= + 0,4807 - 0,5339 k + 2,9558 \varepsilon - x$	34175
17		$= + 0,4963 - 0,5324 k + 2,9558 \varepsilon - x$	34175
18		$= + 0,4937 - 0,5271 k + 2,9587 \varepsilon - x$	34175
1	Eisen	$= + 0,2600 - 0,2947 k + 2,9578 \varepsilon - x$	31965
2	Zink	$= + 0,2550 - 0,2911 k + 2,9578 \varepsilon - x$	31965
3	Blei	$= + 0,2562 - 0,2906 k + 2,9578 \varepsilon - x$	31965
4	Silber	$= + 0,2428 - 0,2865 k + 2,9579 \varepsilon - x$	31965
5	Gold	$= + 0,2486 - 0,2899 k + 2,9579 \varepsilon - x$	31965
8	Meteoreisen	$= + 0,2491 - 0,2807 k + 2,9580 \varepsilon - x$	31965
6	Meteorstein	$= + 0,3388 - 0,3804 k + 2,9571 \varepsilon - x$	16485
9	Marmor	$= + 0,3344 - 0,3925 k + 2,9571 \varepsilon - x$	17383
10	Thon	$= + 0,4128 - 0,4648 k + 2,9568 \varepsilon - x$	34175
14	Quarz	$= + 0,4606 - 0,5014 k + 2,9565 \varepsilon - x$	34175

Beobachtungen mit dem kürzeren Pendel.

12	Messing I	$0 = + 0^L,0589 - 0^L,0948 k' + 0,9983 \varepsilon - x$	0,000003468
7	» II	$= + 0,1035 - 0,1410 k' + 0,9980 \varepsilon - x$	3484
13	» III	$= + 0,1362 - 0,1796 k' + 0,9980 \varepsilon - x$	3538

16	Messing III	$0 = + 0,1188 - 0,1805 k' + 0,9972 \varepsilon - x$	0,000003522
17		$= + 0,1172 - 0,1796 k' + 0,9972 \varepsilon - x$	3560
18		$= + 0,1158 - 0,1773 k' + 0,9989 \varepsilon - x$	3575
20	» IV	$= + 0,1859 - 0,2597 k' + 0,9989 \varepsilon - x$	3831
21		$= + 0,1934 - 0,2610 k' + 0,9989 \varepsilon - x$	3831
1	Eisen	$= + 0,0678 - 0,0996 k' + 0,9983 \varepsilon - x$	3467
2	Zink	$= + 0,0652 - 0,0972 k' + 0,9982 \varepsilon - x$	3467
3	Blei	$= + 0,0668 - 0,0981 k' + 0,9982 \varepsilon - x$	3466
4	Silber	$= + 0,0676 - 0,0968 k' + 0,9983 \varepsilon - x$	3468
5	Gold	$= + 0,0624 - 0,0981 k' + 0,9983 \varepsilon - x$	3468
8	Meteoreisen	$= + 0,0650 - 0,0947 k' + 0,9983 \varepsilon - x$	3468
6	Meteorstein	$= + 0,0894 - 0,1285 k' + 0,9981 \varepsilon - x$	3465
9	Marmor	$= + 0,0873 - 0,1324 k' + 0,9981 \varepsilon - x$	3480
10	Thon	$= + 0,1058 - 0,1566 k' + 0,9981 \varepsilon - x$	3543
14	Quarz	$= + 0,1197 - 0,1694 k' + 0,9980 \varepsilon - x$	3511

Die wahrscheinlichsten Werthe der unbekannten Gröfsen sind, sämtlichen 49 Bedingungsgleichungen zufolge,

$$k'' = 0,95569$$

$$k' = 0,75487$$

$$k = 0,95190$$

$$x = - 0,00427$$

$$\varepsilon = + 0,00537$$

10.

Die Substitution dieser Werthe in die Bedingungsgleichungen wird nun zeigen, inwiefern die Versuche mit den verschiedenen Substanzen sich durch die Annahme einer für alle gleichen Länge des einfachen Secundenpendels darstellen lassen. Die folgende Zusammenstellung enthält in der ersten Columne den Unterschied, welchen jede einzelne Bedingungsgleichung übrig läßt, und in der zweiten die Veränderung, welche man an die aus allen abgeleitete Länge des einfachen Secundenpendels $= 440,81537$ anbringen müßte um jeder Gleichung völlig zu genügen.

Frühere Versuche mit der Kugel von Messing.

No.	Unterschied.	Secundenpend.
1	$+ 0,0030$	$- 0,0015$
2	$- 0,0028$	$+ 0,0014$
3	$+ 0,0046$	$- 0,0023$

4	—	0 ^L ,0014	+	0 ^L ,0007
5	+	0,0050	—	0,0026
6	+	0,0025	—	0,0013
7	—	0,0023	+	0,0012
8	+	0,0064	—	0,0033
9	+	0,0006	—	0,0003
10	+	0,0026	—	0,0013
11	—	0,0048	+	0,0024

Frühere Versuche mit der Kugel von Elfenbein.

12	—	0 ^L ,0024	+	0 ^L ,0012
13	+	0,0070	—	0,0036
14	+	0,0024	—	0,0012
15	—	0,0138	+	0,0070

Spätere Versuche mit dem längeren Pendel.

	No.	Unterschied.	Secundenpend.	
Messing I	12	— 0 ^L ,0105	+ 0 ^L ,0035	
» II	7	+ 0,0202	— 0,0068	
» III	13	+ 0,0083	— 0,0028	} — 0 ^L ,0019
	16	— 0,0074	+ 0,0025	
	17	+ 0,0097	— 0,0033	
	18	+ 0,0121	— 0,0041	
Eisen	1	— 0,0004	+ 0,0001	
Zink	2	— 0,0019	+ 0,0006	
Blei	3	— 0,0003	+ 0,0001	
Silber	4	— 0,0097	+ 0,0033	
Gold	5	— 0,0071	+ 0,0024	
Meteoreisen	8	+ 0,0021	— 0,0007	
Meteorstein	6	— 0,0032	+ 0,0011	
Marmor	9	— 0,0191	+ 0,0064	
Thon	10	— 0,0095	+ 0,0032	
Quarz	14	+ 0,0035	— 0,0012	

Spätere Versuche mit dem kürzeren Pendel.

Messing I	12	—	0,0030	+	0,0030
„ II	7	+	0,0067	—	0,0067
„ III	13	+	0,0103	—	0,0103
	16	—	0,0078	+	0,0078
	17	—	0,0087	+	0,0087
	18	—	0,0084	+	0,0084

Messing IV	{ 20	— 0,0005	+ 0,0005	} — 0,0028
	21	+ 0,0060	— 0,0060	
Eisen	1	+ 0,0023	— 0,0023	
Zink	2	+ 0,0015	— 0,0015	
Blei	3	+ 0,0024	— 0,0024	
Silber	4	+ 0,0042	— 0,0042	
Gold	5	— 0,0020	+ 0,0020	
Meteoreisen	8	+ 0,0032	— 0,0032	
Meteorstein	6	+ 0,0021	— 0,0021	
Marmor	9	— 0,0030	+ 0,0030	
Thon	10	— 0,0027	+ 0,0027	
Quarz	14	+ 0,0015	— 0,0015	

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß man alle Versuche durch Eine Länge des einfachen Secundenpendels genügend darstellen kann, denn keiner derselben weicht so weit ab, daß man den Unterschied nicht den unvermeidlichen Fehlern der Versuche zuschreiben könnte: wirklich beträgt die größte Abweichung der durch die verschiedenen Substanzen bestimmten Längen des einfachen Secundenpendels von der mittleren, noch nicht den sechszigtausendsten Theil der ganzen.

Die Versuche mit dem mit Wasser gefüllten Hohlcyylinder sind nicht mit den übrigen vereinigt berechnet worden, weil es zweifelhaft ist, ob die Reduction des zusammengesetzten Pendels auf das einfache, nach der Theorie, welche für ein aus einem festen Körper bestehendes Pendel gilt, berechnet werden darf. Die höheren Theile des Wassers im Hohlcyylinder erhalten, während der Bewegung des Pendels, eine größere Centrifugalkraft als die tieferen, woraus hervorgeht, daß das eingeschlossene Wasser in Bewegung gerathen muß. Diese Bewegung kann das Moment der Trägheit verändern und wird dann eine größere Veränderung hervorbringen, wenn das Pendel kürzer, eine kleinere, wenn es länger ist; da der Einfluß einer Veränderung des Momentes der Trägheit auf die Reduction des zusammengesetzten Pendels auf das einfache, sich überdies umgekehrt wie die Länge des Pendels verhält, so wird der Einfluß der Bewegung des Wassers im Hohlcyylinder, wenn er merklich ist, für das längere Pendel des Apparats weit kleiner sein als für das kürzere.

Die drei im 7^{ten} §. mitgetheilten Bestimmungen für den mit Wasser gefüllten Hohlcyylinder ergeben die Bedingungsgleichungen, für das längere Pendel

—

H

$$\text{No. 11.} \dots 0 = + 0^L_{,5314} - 0^L_{,5699} k + 2,9565 \varepsilon - x$$

$$15. \dots 0 = + 0,5209 - 0,5675 k + 2,9557 \varepsilon - x$$

$$19. \dots 0 = + 0,5200 - 0,5629 k + 2,9596 \varepsilon - x$$

und für das kürzere

$$\text{No. 11.} \dots 0 = + 0^L_{,1186} - 0^L_{,1927} k' + 0,9979 \varepsilon - x$$

$$15. \dots 0 = + 0,0954 - 0,1912 k' + 0,9971 \varepsilon - x$$

$$19. \dots 0 = + 0,0949 - 0,1900 k' + 0,9989 \varepsilon - x$$

Substituirt man darin die §. 9. gefundenen Werthe von k , k' , ε und x , so stellt man diese Gleichungen bis auf:

$$\begin{array}{rcl} + 0^L_{,0093} & - & 0^L_{,0172} \\ + 0,0009 & - & 0,0393 \\ + 0,0043 & - & 0,0389 \end{array}$$

dar, und es zeigt sich daraus, daß die Beobachtungen des längeren Pendels bis auf $0^L_{,0016}$, d. i. innerhalb der Grenze der unvermeidlichen Fehler der Versuche, mit der allen übrigen Versuchen entsprechenden Länge des einfachen Secundenpendels übereinstimmen, die Beobachtungen des kürzeren aber eine $0^L_{,0318}$ grössere andeuten. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, daß dieser Unterschied von der inneren Bewegung des Wassers herrührt; durch eine Verschiedenheit der auf das Wasser wirkenden Schwerkraft kann er nicht erklärt werden, indem die Beobachtungen des längeren Pendels damit nicht vereinbar sein würden. Daß die erste der drei Bestimmungen von den beiden übrigen weiter abweicht, als die Grenze der Sicherheit der Versuche erwarten läßt, macht wahrscheinlich, daß der Hohlcyylinder durch das darin befindliche Wasser nicht ganz angefüllt gewesen ist; auch das geringere, §. 5. mitgetheilte Gewicht des bei dieser Bestimmung in demselben vorhandenen Wassers vereinigt sich hiermit. Nachdem die zu der zweiten Bestimmung gehörige Abwägung eine 6,5 Gran grössere Wassermasse ergeben hatte, wurde die Vorsicht, mit welcher ich die Luftblasen aus dem Hohlcyylinder zu entfernen suchte, vermehrt und namentlich dafür gesorgt, daß durch Verdunstung des Wassers kein leerer Raum entstehen konnte. Ich halte daher die erste Bestimmung für weniger sicher als die beiden späteren.

11.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Versuche geben keinen Grund, eine Abhängigkeit der Länge des Secundenpendels, von der Natur der schwingenden Substanz, anzunehmen. Sie bestätigen daher die Annahme, daß die Massen der irdischen Körper, den Anziehungen welche sie erfahren proportional seien. Die aus der Vereinigung aller Versuche hervorgehende Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte:

$$= 440,8154 \text{ Linien}$$

ist nur unbedeutend, nämlich $0,0007$, größer als die aus den früheren Versuchen allein abgeleitete. Die vermehrte Sicherheit, mit welcher man diese Bestimmung jetzt als unabhängig von der Natur der Substanz, aus welcher ein Pendel besteht, ansehen darf, ist der Gewinn, welchen die in dieser Abhandlung enthaltenen Versuche gegeben haben.

Hätte sich für eine, oder einige der untersuchten Substanzen eine Abweichung gefunden, welche die wahrscheinlichen Grenzen der Fehler der Versuche überschritten hätte, so würde es zweckmäfsig gewesen sein, die Versuche weiter fortzusetzen, um dadurch entweder die Abweichung zu bestätigen, oder als den Beobachtungsfehlern zugehörig zu erkennen. Da aber die Unterschiede immer kleiner bleiben und die durch die Vergleichung beider Pendel des Apparats erlangte Controle, dem für jede der Substanzen erhaltenen Resultate eine beträchtliche Sicherheit giebt, so hielt ich nicht für nöthig, die ohnehin große Anzahl der Versuche noch weiter zu vermehren. Auch habe ich die mir von Herrn Professor Weifs zum Gebrauche überlassenen Stücke der meteorischen Eisenmassen aus Mexico und Siberien nicht angewandt, indem die Aussicht, für alle Substanzen eine gleiche Pendellänge zu finden, durch die schon gemachten Versuche so groß geworden war, daß ich mich nicht mehr für berechtigt hielt, den Werth dieser seltenen Stücke, durch die nothwendigen Umformungen, beträchtlich zu vermindern.

Über die aus den Versuchen hervorgehende Verschiedenheit der Werthe des Coefficienten k für beide Pendel, bemerke ich noch, daß, wenn auch diese unbekannte Gröfse, aus den Versuchen mit dem kürzeren Pendel, mit geringerem Vortheile bestimmt wird, als aus den mit dem längeren gemachten, doch die Unsicherheit nicht so groß angenommen werden kann, daß

sie den gefundenen Unterschied erklären könnte. Man sieht aus den, §. 9. angeführten Bedingungsgleichungen, daß die Versuche mit schwereren und leichteren Belastungen des kürzeren Pendels, welche gegenwärtig in befriedigender Übereinstimmung sind, kaum bis auf $0,03$ vereinigt werden könnten, wenn man auch für das kürzere Pendel denselben Werth von k annehmen wollte, welcher dem längeren zukömmt.



Bemerkung.

Dieselben Gründe, welche bei der früheren Abhandlung „über die Länge des Secundenpendels“ die Einrückung in den Band der Abhandlungen, welcher damals gerade im Druck begriffen war, bewirkten, wenngleich sie dem Datum ihrer Einsendung nach in einen späteren gehörte, haben die Akademie bewogen, auch bei der vorstehenden am 23^{ten} Februar 1832 gelesenen Abhandlung eine gleiche Ausnahme zu machen.

Verbesserungen für die frühere Abhandlung im Bande für 1826.

Seite 5 Zeile 7 statt zweier lese man beider

- 14 - 30 - 7, 32 und 9, 16 - - 7 . 32 und 9 . 16

- 36 - 23 - $s - \frac{m'}{m} s$ - - $s - \frac{m'}{m} s'$

- 38 - 10 - $\pm 440,81 \, tt \cdot \varepsilon \left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)$. . . - - $tt \cdot \varepsilon \left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)$

- 85 - 4 - 42 Lin. - - 1,2 Lin.

- 101 - 17 u. 18 - sin u' im Nenner - - 2 sin u'

- 104 - 24 - derselben - - desselben

- 138 - 21 - Schraube - - Schneide

- 149 - 26 - 0 und ε - - 0 und 1

Fig. 1.

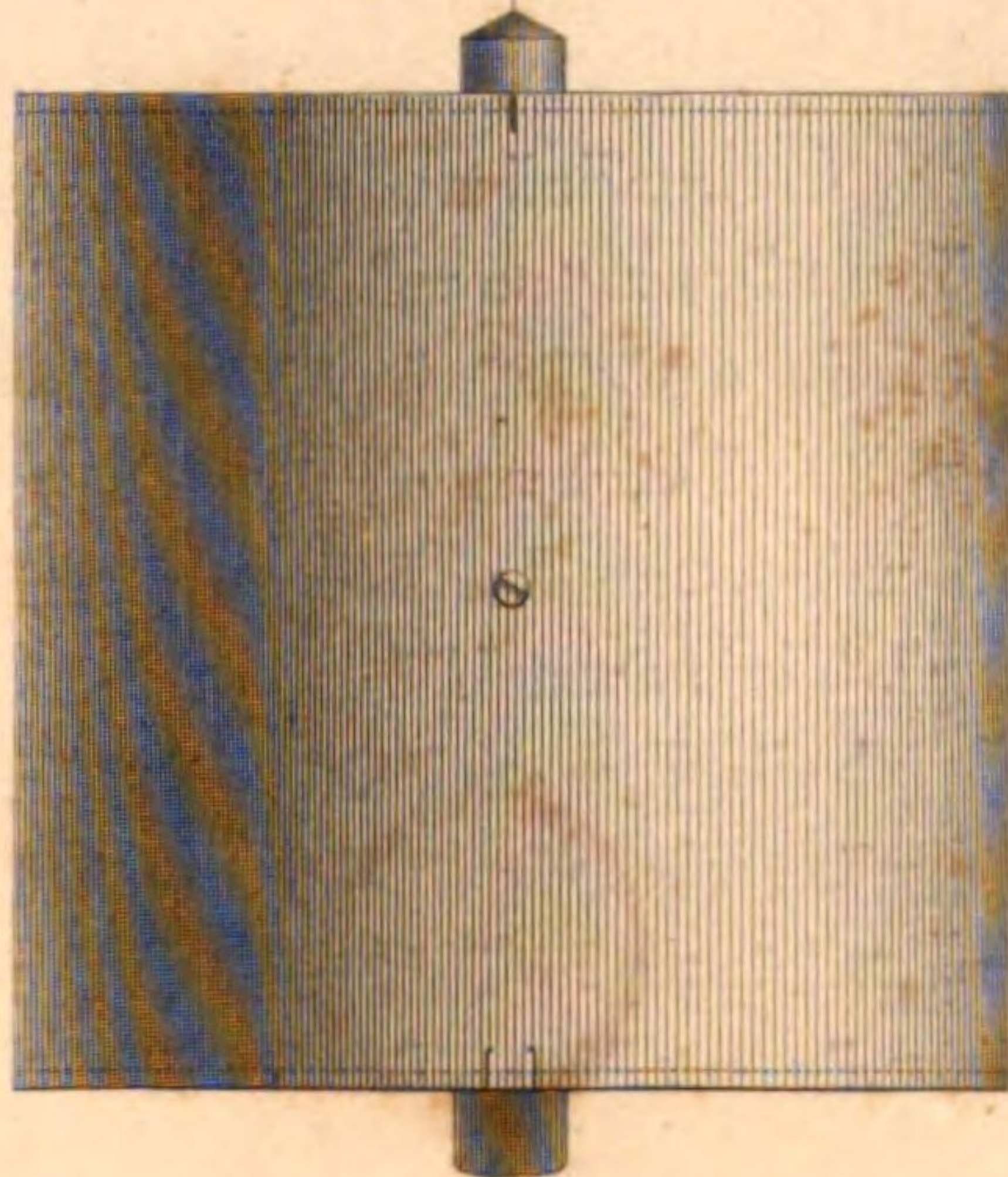
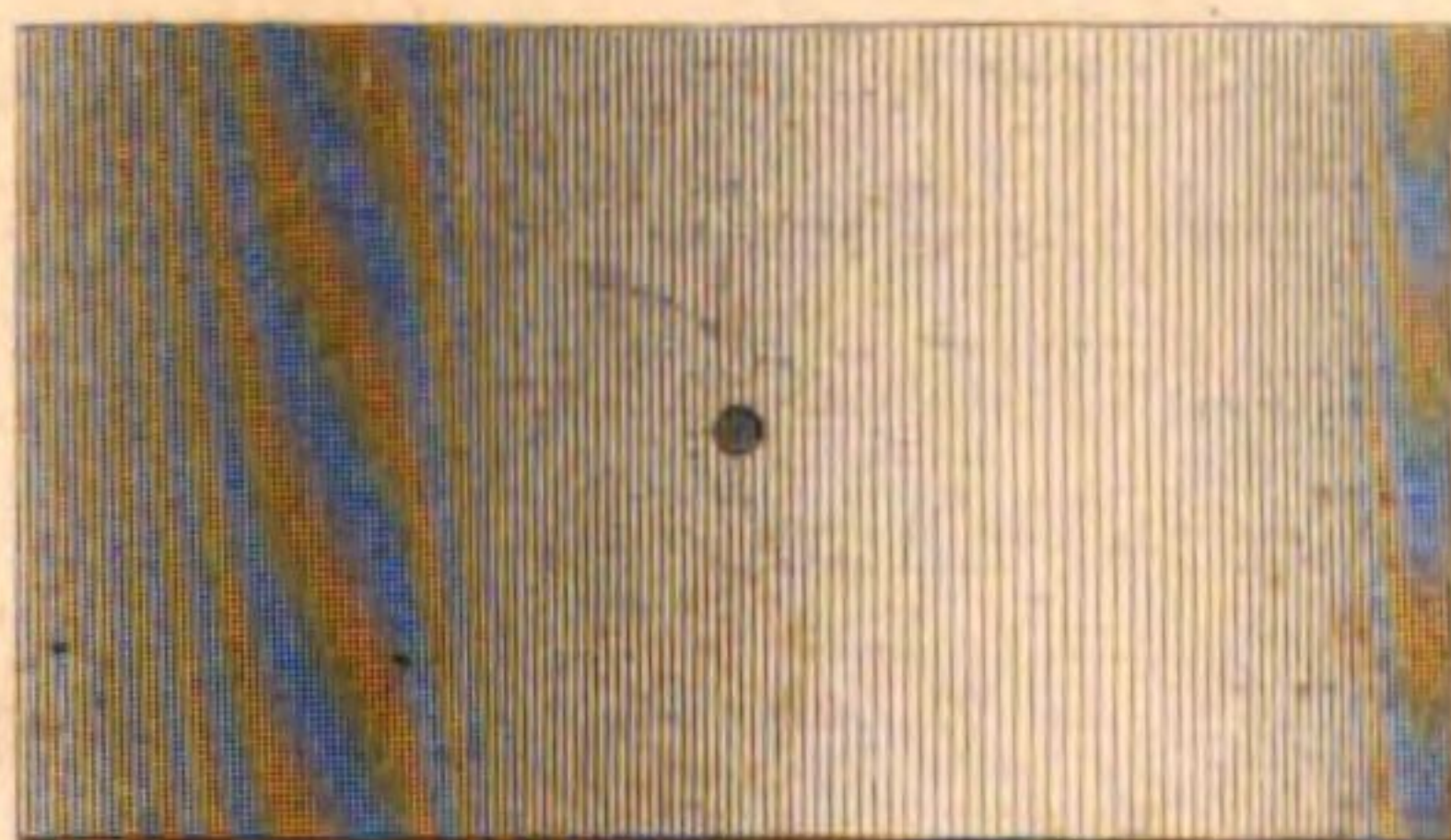


Fig. 2.



Bessel, Friedrich Wilhelm,

Versuche über die Kraft mit welcher die Erde Körper von verschiedener
Beschaffenheit anzieht

Berlin 1832

4 Phys.sp. 28 m

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10058213-5